



EESTI MAAÜLIKOOL

Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut

**Siim Siiman**

**KAUGLOETAVA VATSASENSORI KASUTAMISE  
VÕIMALUSED VEISTE SÖÖTMISGRUPI VATSA  
KESKKONNA MONITOORIMISEL**

**POSSIBILITIES TO USE WIRELESS RUMEN BOLUSES TO  
MONITOR THE RUMEN ENVIRONMENT OF DAIRY CATTLE**

Magistritöö

Loomakasvatus õppekava

Juhendajad: dotsent Marko Kass, *PhD*,  
lektor Tiia Ariko, mag (pm)

Tartu 2017

## Lühikokkuvõte

Eesti Maaülikool		Magistritöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Siim Siiman		Õppekava: Loomakasvatus	
Pealkiri: Kaugloetava vatsasensori kasutamise võimalused veiste söötmisgrupi vatsa keskkonna monitoorimisel.			
Lehekülgi: 50	Jooniseid: 17	Tabeleid: 8	Lisasid: 1
Osakond: Söötmise osakond			
Uurimisvaldkond: Põllumajandusloomade söötmistehnoloogia ja ainevahetusuuringud (B420)			
Juhendaja(d): dotsent Marko Kass, lektor Tiia Ariko			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2017			
<p>Toodangunäitajate kasv lüpsilehmadel on sageli seotud ainevahetushaiguste esinemise suurenenud riskiga. Vatsa atsidoos on üks olulisemaid ainevahetushaigusi veistel, mis põhjustab igal aastal piimakarjakasvatajatele olulist majanduslikku kahju. Uuenduslik tehnoloogia, sealhulgas vatsasensor, võimaldab veisekasvatajatel senisest enam avastada ning ennetada haiguste esinemist. Uurimistöö eesmärgiks oli selgitada, kas muutused vatsasensoritega varustatud loomade vatsas ja piima koostis kirjeldavad kogu söötmisgrupi vastavaid näitajaid. Katses osales 12 looma, kellest kahele oli paigaldatud vatsasensor. Loomad valiti katsesse arvestades loomade söötmisgruppi ning laktatsioonijärku. Katseperioodil koguti kahelt kontroll-lüpsilt piimaproovid. Kogutud piimaproovidest määrati piima koostis ning rasvhappeline profiil. Samuti koguti täisratsioonilise segasööda (TRSS) proovid, millest määrati keemiline koostis ja toiteväärtus. Kogutud TRSS-i ja katseloomade roojaproovid sõeluti vastavalt PennState sõeladega. Vatsasensoriga varustatud ja katseloomade näitajate võrdlemiseks leiti katsegrupi lehmade aritmeetilised keskmised ning standardhälbed. Vatsasensoriga loomade piimakoostis varieerus kontroll-lüpside lõikes ning ei kirjeldanud katsegrupi lehmade vastavaid näitajad. Vatsa lenduvate rasvhapete ja piimanäitajate võrdlemisel oli lehmade individuaalne varieeruvus liialt suur kirjeldamiseks katsegrupi tulemusi. Mõlema looma puhul ei täheldatud vatsa pH püsivat langust alla 5,5, mis viitaks SARA esinemisele. Vatsa pH ja temperatuur dünaamika oli vatsasensoriga lehmade erinev. Antud uurimistöös leidis kinnitust, et loomade individuaalne varieeruvus ei luba kahe lehma andmete põhjal kirjeldada kogu söötmisgrupi vatsa keskkonda ja piima koostist kirjeldavaid näitajad.</p>			
Märksõnad: Vatsasensor, subkliiniline atsidoos, piima rasvhapped, vatsa pH			

## Abstract

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's thesis	
Author: Siim Siiman		Speciality: Animal Husbandry	
Title: Possibilities to use wireless rumen boluses to monitor the rumen environment of dairy cattle			
Pages: 50	Figures: 17	Tables: 8	Appendixes: 1
Department: Animal nutrition Field of research: Animal nutrition (B420) Supervisors: Marko Kass, Tiia Ariko Place and date: Tartu, 2017			
<p>The improvement in production traits in dairy cows is often associated with an increased risk of metabolic disorders in dairy cows. Ruminal acidosis in cattle is one of these metabolic diseases, which causes major economic losses annually to dairy farmers. Innovative equipment applied in livestock production, such as the rumen bolus, enables the better detection and prevention of this disease by farmers. The objective of this thesis was to study whether changes in rumen environment and milk composition of cows equipped with a rumen bolus can describe the production traits of a whole dairy cow feeding group. Twelve primi- and multiparous Holstein dairy cows were involved in the study, based on their lactation stage and feeding group. Two cows were equipped with a rumen bolus. Milk samples were taken twice during the field experiment, and were analysed for milk composition and fatty acid profile. Samples of the total mixed ration (TMR) were analysed for chemical composition and nutritional value. The collected samples of TMR and faeces collected from all sample cows were sieved to determine particle sizes. In order to compare the production values of the cows with a rumen bolus and the experimental group, arithmetical means and their standard deviations were computed. There was a large variation in the milk composition of the animals with the bolus and this did not describe the corresponding traits of the cows in the experimental groups. Similar results were found in the comparison of ruminal volatile fatty acids and milk traits between cows, possibly as the individual variation within animals were too high. The dynamics of ruminal pH and temperature were between different cows with the rumen bolus. However, rumen pH was not consistently below 5.5, indicating a lower risk of rumen acidosis. It was confirmed in this study that individual cow variability does not allow the identification of changes in the rumen</p>			

environment and the milk composition of animals in the same feeding group, when using a small number of cows as reference animals.

**Keywords:** Rumen bolus, subclinical rumen acidosis, milk fatty acids, rumen pH

## SISUKORD

Lühikokkuvõte.....	2
Abstract.....	3
SISSEJUHATUS.....	8
Tänuavaldused.....	10
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	11
1.1. Sensorite kasutamine piimakarjakasvatuses .....	11
1.2. Vatsasensorite pH seire ning selle tähtsusest.....	12
1.3. Vats ja vatsakeskkond.....	14
1.3.1. Vatsa pH ja seda mõjutavad tegurid .....	18
1.4. Subkliiniline vatsa atsidoos.....	19
1.5. Keha- ja vatsa temperatuur .....	20
2. OMAD UURINGUD .....	22
2.1. Uurimistöö metoodika .....	22
2.1.1. Farmi iseloomustus .....	22
2.1.2. Katses osalenud loomad.....	22
2.1.3. Vatsa sensor .....	23
2.1.4. Piimaproovide kogumine ja analüüs.....	25
2.1.5. Söödaproovide kogumine, analüüs ja sööda sõelumine .....	26
2.1.6. Rooja sõelumine .....	28
2.1.7. Andmete statistiline analüüs .....	29
3. TULEMUSED JA ARUTELU.....	30
3.1. Täisratsioonilise segasööda keemiline koostis .....	30
3.2. Täisratsioonilise segasööda füüsikaline koostis .....	31
3.3. Piima koostis.....	33
3.4. Vatsavedeliku lenduvate rasvhapete profiil.....	34
3.5. Vatsa pH ja temperatuuri muutused.....	36
3.6. Kiu seede hindamine rooja sõelumise meetodil .....	41
4. KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED .....	42
Summary.....	44

KASUTATUD KIRJANDUS .....	46
Lisad .....	50

## **KASUTATUD LÜHENDID**

LRH – lenduvad rasvhapped

SARA – subkliiniline vatsa atsidoos

SRA – somaatiliste rakkude arv

TRSS – täisratsiooniline segasööt

## SISSEJUHATUS

Piimakarjakasvatus on üks eelisarendatumaid ja konkurentsivõimelisemaid loomakasvatusharusid Eestis. Kuigi lüpsilehmade arv on viimastel kümnenditel langenud, on piimatoodang looma kohta jätkuvalt suurenenud. Ühtlasi on uute loomapidamishoonete ehitamise ja kaasaegse farmitehnoloogiate kasutusele võtmisega muutunud karjade struktuur. Ligi  $\frac{3}{4}$  lehmadest peetakse 100- või enamapealises karjas, mis nõuab kontrollmehhanismide juurutamist, tagamaks tarbijate ootusi ohutu toidutootmise ning looma heaolu ja tervise.

Kaasaegne piimakarjakasvatus on muutunud viimastel aastatel seoses mitmesuguste täppispidamise tehnoloogia rakendamisega. Teaduse kaasabil on kasutusele võetud diagnostikavahendid ja tarkvarasüsteemid, mis on märkimisväärselt abiks loomapidajale. Uuenduslik tehnoloogia võimaldab veisekasvatajatel senisest enam avastada ning ennetada haiguste esinemist. Erinevad seadmed, mis mõõdavad looma kehatemperatuuri või aktiivsust annavad lisaks eelnevale ülevaate looma tervisest kui ka käitumismustritest.

Toodangunäitajate kasv lüpsilehmadel on sageli seotud ainevahetushaiguste esinemise suurenenud riskiga. Jõudluskontrolli andmetel prakeeritakse vabariigi veisekarjades ligikaudu 10% loomi ainevahetushaiguste tõttu. Vatsa atsidoos on üks olulisemaid ainevahetushaigusi veistel, põhjustab igal aastal piimakarjakasvatajatele olulist majanduslikku kahju. Atsidoos on valdavalt seotud liigse jõusööda lisamisega söödaratsiooni, mille tulemusel vatsa pH langeb optimaalsest tasemest madalamale. Haiguse diagnoosimine loomapidaja poolt on sageli puudulik sest atsidoosi subkliinilise vormi kindlaks tegemine on keeruline.

Lisaks majanduslikule kahjule on atsidoos tihedalt seotud looma heaoluga, seetõttu on oluline haiguse varajane diagnoosimine ja ennetamine. Veiste vatsa atsidoosi ennetamise eelduseks on söödaratsiooni kiu ja kergesti seeduvate süsivesikute tasakaal. Olukorras, kus lüpsilehmi peetakse suurtes rühmades, pole sageli võimalik söötmist selliselt korraldada, et mõnele suuretoodanguliste loomade ei söödetaks energiatarbe katmiseks liigselt jõusööta.



Seega on kaugloetavate vatsasensorite kasutamine oluline võimalus monitoorida söötmispraktika mõju looma tasemel kontrollimaks haiguse võimalikku esinemist.

Täna turul pakutavad vatsasensorid on juhtmevabad seadmed, mis mõõdavad muutusi vatsakeskkonnas iga 10 kuni 15 minuti järel. Suukaudselt vatsa sisestatud sensorid mõõdavad nii vatsa pH-d kui ka temperatuuri, andes ühtlasi reaajas informatsiooni looma söömiskäitumise ja söödaratsiooni mõjude kohta. Esimesed vatsasensorid võeti Eesti piimakarjakasvatajate poolt kasutusele möödunud aastal. Seoses siinsete farmerite huvi suurenemisega analoogsete seadmete vastu, seati käesolevas magistritöös üheks sihiks selliste seadmete kasutamisevõimaluste uurimine veisefarmi tasemel. Uurimistöö eesmärgiks oli selgitada, kas muutused vatsasensoritega varustatud loomade vatsas ja piima koostis kirjeldavad kogu söötmisgrupi vastavaid näitajaid.

## **Tänuavaldused**

Tänan oma juhendajaid Marko Kassi ning Tiia Arikot, nende nõuannete ja igakülgse abivalmiduse eest. Soovin tänada ka Eesti Maaülikooli piima kvaliteedi uurimise labori ning söötmisosakonna laboratooriumi töötajaid.

Tänan Pae Farmer AS loomakasvatusjuhti Aivar Noorsalu ning töökollektiivi koostöö ja nende sõbraliku vastuvõtu ning abi eest katse läbiviimisel.

Samuti soovin tänada perekonda, sõpru ning sugulasi, kes olid mulle igati toeks magistritöö valmimisel.

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

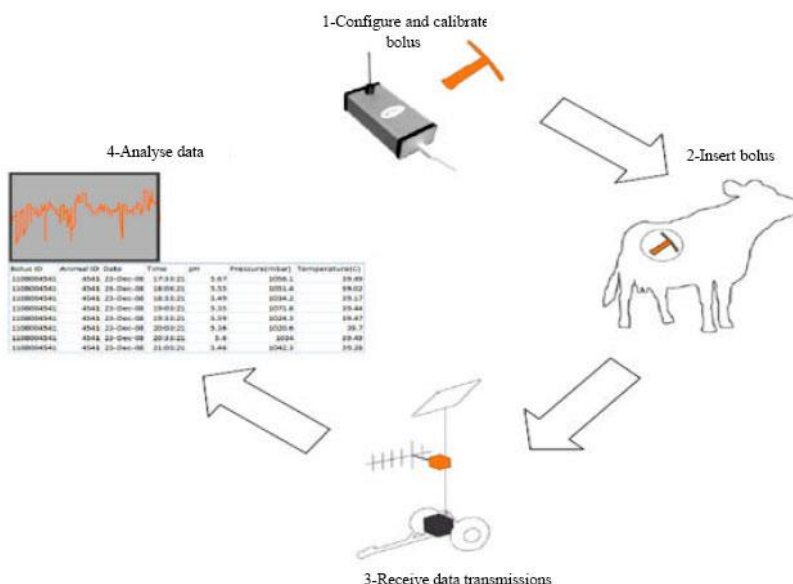
## 1.1.Sensorite kasutamine piimakarjakasvatuses

Haiguste õigeaegne avastamine ja ennetamine on piimakarjakasvatuses määrava tähtsusega nii looma kui ökonoomika seisukohalt. Sensorite ja kaasaskantava tehnoloogia kasutamine võimaldab jälgida looma käitumist ja liikumist, avastada stressimarkereid ning mõõta vatsa pH-d ja temperatuuri (Neethirajan, 2017). Uute tehnoloogiliste lahenduste rakendamine veisefarmis annab täiendavaid võimalusi ka ainevahetushaiguste preventsiooniks. Olukord, kus ligi 25% suuretoodangulistest lehmadest võidakse prakeerida esimese 60 laktatsioonipäeva jooksul (Stewart jt, 2002) nõuab lisaks kaudsetele näitajatele otseste meetodite kasutamist. Kahtlemata on vatsa keskkond ja seal toimuv määrava tähtsusega nii looma tervise kui heaolu seisukohast. Kuigi kaugloetavad (traadita) vatsasensorid on näidanud mitmetes teadusuuringutes häid tulemusi (Nocek jt, 2002) ning seeläbi jõudnud tootmisfarmidesse, siis arendustöö, antud valdkonnas arendustöö veel jätkub.

Vatsa sensori näol on tegemist efektiivse ja suhteliselt taskukohase lahendusega in vivo pH, temperatuuri ja pH mõõtmiseks. Teadlastele pakub see võimaluse avastada uusi valdkondi ainevahetusega seotud uuringutes, koguda infot looma heaolu, tervise ja käitumise kohta, jälgida haiguste dünaamikat, mõõta ainevahetusgaaside emissiooni ja eesmagude keskkonnatingimusi (Kilic, 2011). Võrreldes käsimõõteseadmetega on kaugloetavate sensorite eeliseks, et loomalt registreeritakse andmeid kogu lauda ulatuses ja ka tema viibimisel karjamaal.

Seadmetel on iseärasusi tootjate vahel, ent tööpõhimõte on sarnane (joonis a). Vatsasensori kasutamine eeldab seadme kalibreerimist enne vatsa või võrkmikusse viimist. Teatud ajaühiku järel salvestatud andmed edastatakse vastuvõtjale ning vastav arvutiprogramm muudab andmed loomapidajale arusaadavaks. Samuti on võimalik sensor seadistada andmeid salvestama lühema või pikema ajaperioodi tagant vastavalt kasutamiseesmärgile (Kilic, 2011)

Seega on sensorid võimelised registreerima ja koguma suures hulgal andmeid vatsa pH ja temperatuuri päevaste muutuste kohta. Pidev parameetrite fikseerimine lubab mõõta aega, millal vatsa pH või temperatuur on alla kriitiliste punktide, mis on oluline kogutud andmete interpreteerimisel. Eriti oluline on see olukorras, kus sama söödaratsiooni korral fikseeritakse osadel loomadel madalamad vatsa pH väärtused (Castro-Costa jt, 2015).



**Joonis 1.** Andmete kogumine vatsasensoriga (Kilic, 2011)

Enamik meetodeid nagu vatsasondi (inglise keeles stomach tube), vatsasüstla või vatsafistuli kasutamine vatsa keskkonna monitoorimiseks on seotud olulise manipulatsiooniga looma suhtes. Sellises olukorras võib proovi kogumise protseduuril olla negatiivne mõju kogutud andmetele (Lin jt, 2010). Lisaks on nimetatud meetodite puhul tõstatatud looma heaolu ja eetikaga seotud küsimusi, eriti kui protseduur näeb ette sagedast proovide kogumist loomkatse vältel. Samas vatsasensorite puhul on leitud, et selle kasutamine ei mõjuta looma tavapärast käitumist (Lin, 2009).

## 1.2.Vatsasensorite pH seire ning selle tähtsusest

Juba aastakümneid on vatsa ning selle bakteriaalse populatsiooni uurimiseks kasutatud fistuleeritud loomi (joonis 1). Fistuleerimine nõuab aga kirurgilist operatsiooni ning see pole sobilik igale loomadele. Lisaks fistuleerimisele on võimalik vatsavedelikuproov koguda ka rumenotsenteesi abil, mille käigus viiakse süstlanõel läbi kõhunaha veise vatsa

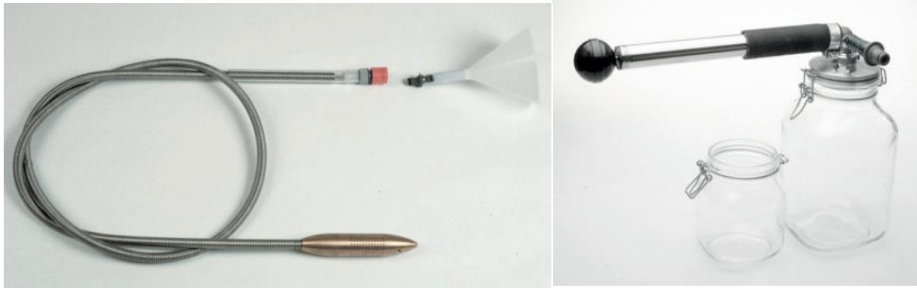
ning võetakse süstlasse soovitud kogus (Mottram, 2008). Antud meetodi puuduseks on lisaks looma ebamugavusele ka vajadus protseduuri mitmeid kordi korrata.

Vatsavedeliku kogumiseks veistel kasutatakse ka sondeerimist. Vatsasond koosneb sondist ning imemispumbast (joonis 3). Vatsasondi autor Thomas Geishauser võrdles 1993. aastal läbi viidud katse vatsafistuliga varustatud loomalt kogutud vatsa pH mõõtmis tulemusi enda poolt loodud vatsasondi abil kogutud proovide tulemustega. Antud võrdlusest selgus, et sondi abil mõõdetud vatsa pH tulemused oli sarnased vatsafistuli kaudu kogutud proovide näitajatega (Geishauser, 1993).

Samuti on püütud vatsakeskkonnas toimuvat hinnata piima rasvhappelise profiili kui kaudse markeri kaudu. Selle kasuks räägib asjaolu, et piimaproovi kogumine on võrreldes vatsavedeliku kogumisega oluliselt lihtsam, vähem ajakulukas ning ei põhjusta loomale stressi. Katses lüpsilehmadega, kellele söödeti erineva koresööda ja jõusööda suhtega TRSS-i leiti seoses piima rasvhappelise profiili ja vatsa pH muutuste vahel. Lisaks leiti, et sööda koostis (madal struktuurse kiu või siis tärklise rikka sööda söötmine) mõjutas samuti piima rasvhappelist profiili (Vlaeminck, 2006). Samuti on leitud, et piima rasvhapete kontsentratsiooni põhjal on võimalik prognoosida vatsas olevate LRH-de osakaalu (Bhagwat jt, 2012).



**Joonis 2.** Vatsafistuliga varustatud lehm (Autor: Marko Kass)



**Joonis 3.** Vatsasond ning imemispump (Autor: Thomas Geishauser)

Kaugloetavaid seadmeid kasutatakse üha rohkem teadusuuringute kõrval ka tavatootmises. Igapäevapraktikasse on jõudnud traadita ühendusega vatsasensor (inglise keeles *rumen bolus*), mis annab tagasisidet söötmiskorralduse kohta. Turult võib leida erinevaid sensoreid. Vatsasensori juures peetakse kõige olulisemaks selle töökindlust, kasutusiga, täpsust ja mõõtmiste sagedus. Tabelis 1 on toodud vatsasensorid koos tehniliste näitajatega, mida on kõige enam kasutatud teaduskatses. Pikima elueaga on smaXteci ning eCow sensorid, samuti on nad täpsemad kui Well Cow vatsasensor. Well Cow ja eCow vatsasensoritega saab vatsa pH mõõta iga 15 minuti järel, smaXteci vatsasensor puhul aga iga 10 minuti järel.

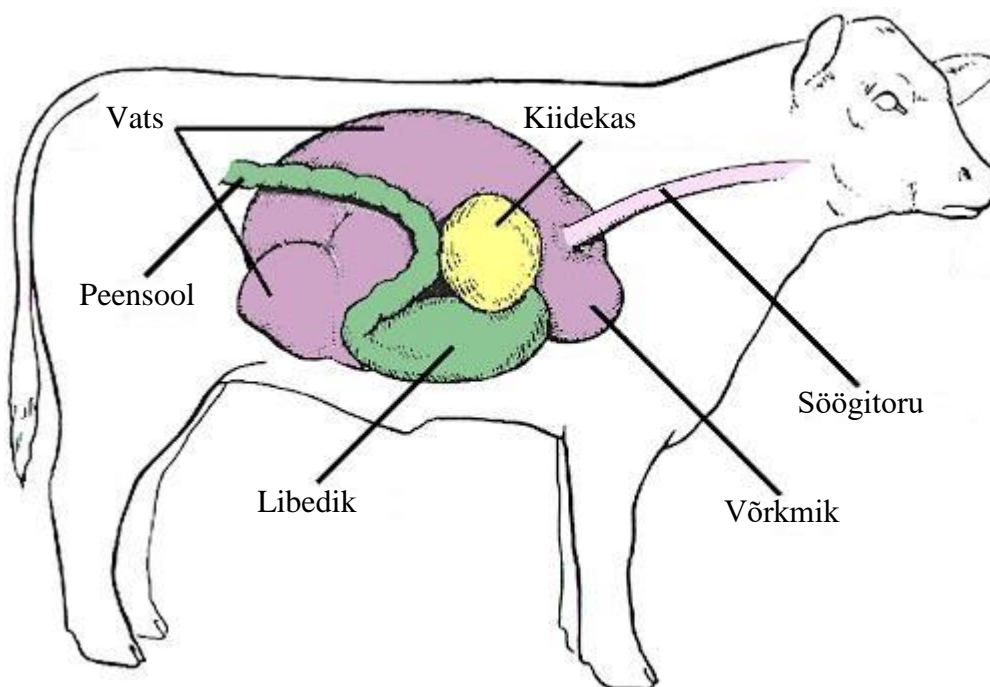
**Tabel 1.** Valik maailmas toodetud vatsasensorid

Tootja ja riik	smaXtec Austria	Well Cow Limited Šotimaa	eCow Devon Ltd Inglismaa
Mõõdud	132×35 mm	145×32 mm	135×27 mm
Kaal	210 g	240 g	150 g
Kasutusiga	kuni 5 kuud	80-100 päeva	kuni 5 kuud
pH mõõtmise täpsus	± 0,2 pH	± 0,3 pH	± 0,1 pH
Mõõtmisintervall	iga 10 min	iga 15 min	iga 15 min
Mälumaht	50 päeva	120 päeva	5 kuud

### 1.3.Vats ja vatsakeskkond

Kõikidel mäletsejalistel on mitmekambriline liitmagu. See koosneb kolmest mahukast eesmaost: vats, võrkmik ja kiidekas ning pärismaost ehk libedikust. Mäletsejaliste vats on kohandatud seedimaks kiudu. See on täiskasvanud mäletsejalise suurimaks seedeelundiks (joonis 1) (Moran, 2005). Vats on põhiliseks looma söömise reguleerijaks, kuna söödaosakesed, mis on suuremad kui 1 mm ei saa vatsast lahkuda enne, kui need on sobiva

suurusega (Theodorou, 2005). Senikaua, kui looma vats on sööta täis, pole loomal tahtmist rohkem süüa.



**Joonis 4.** Veise seedimisega seotud elundid (<http://research.vet.upenn.edu>)

Veise vatsa temperatuur püsib valdavalt vahemikus 38-42 °C, olles peamiselt seotud püsisoojase looma ainevahetus ning osaliselt tingitud fermentatsiooni käigus tekkinud soojusest (Theodorou, 2005). Vatsas elavad enamjaolt fermentatsiooniga seotud bakterid, algloomad ning seened. Suur enamus neist suudavad elada vaid anaeroobses keskkonnas ning ei ole võimelised kasvama hapnikuga rikastatud elutingimustes. Samas on olemas ka selliseid anaeroobe, kes seovad sööda või siis vatsa epiteeli vahelt sisse tunginud hapniku. Vatsavedelikust võib leida baktereid kontsentratsioonis  $10^9$ - $10^{10}$ /ml, samal ajal kui algloomade populatsioon on  $10^5$  ja  $10^6$  vahel. Vatsas olevate seente arvukuse tihedus jääb vahemikku  $10^3$ - $10^5$ /ml. Vatsas elutsevate seente biomassi peetakse väiksemaks kui 8%. Vatsas elutsevad seened on ainulaadses tsellulolüütilised anaeroobid, kelle eluolemust on kirjanduses suhteliselt vähe käsitletud (Theodorou, 2005). Bakterid ning algloomad lõhustavad 70-80% vatsas olevast seeduvast kuivainest. Tagamaks loomale efektiivne vatsa toimimine, peaks vatsas olema erinevaid liike mikroobe. Igal bakteri- ning algloomaliikidel on erinevad ülesanded vatsas. Mõnede liikide ülesanne on lõhustada tärklisi ning suhkruid, teiste eesmärgiks on aga näiteks lõhustada tselluloosi (Moran, 2005). Vatsa seedeprotsessi tagavate vatsamikroobide arvukuse ning koosluse määrab ära

söödaratsiooni koostis, kuna vatsamikroobid toituvad ratsioonis leiduvatest toitainetest. Mikroobide kasvu põhieelduseks on fermentatsioon, lisaks sellele on fermentatsioonil tähtis roll mikroobse proteiini ning teatud vitamiinide sünteesis (von Lengerken, 2006).

Vatsas elab ka suurel hulgal erinevaid algloomi, kellest enamiku kasv ei sõltu ainult taimse toitaine olemasolust, kuna nad on võimelised toituma ka vatsamikroobidest, seente eostest või teistest algloomadest. Vatsas tegutseb küll arvukalt erinevaid mikroorganisme, kuid ainult piiratud hulk mikroobidest on vajalik vatsas toimuvate ainevahetusetappe läbi viimiseks (Theodorou, 2005).

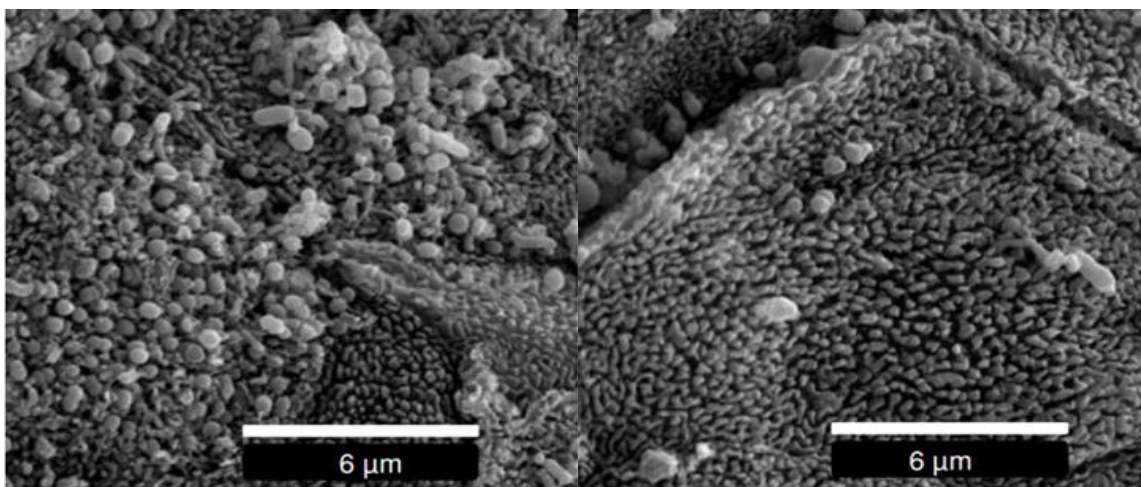
Söödas olevad süsivesikud, proteiin ja rasvad (lipiidid) lõhustatakse vatsas laguproduktideks, mida kasutatakse nii looma enda kui vatsa mikroobide poolt. Mikrobiaalse seede käigus lõhustatakse süsivesikud lihtsuhkruteks, mida vatsamikroobid kasutavad energiaallikana ning lõpp-produktide moodustamiseks, mida omakorda kasutab loom. Mikrobiaalse seede lõpp-produktideks on lenduvad rasvhapped, peamiselt äädik-, propioon- ja võihape ning gaasid nagu süsihappegaas ja metaan. Lenduvad rasvhapped (LRH) on veisele oluliseks energiaallikaks. Propioonhape on üheks põhiliseks piimalehmade ja nuumveiste jõudluse määrajaks, kuna see muudetakse maksas glükoosiks. Ratsiooni koostamisel tuleks arvestada sellega, et loom oleks võimeline tootma propioonhapet. Samas on tähtis jälgida propioonhape suhet teiste hapetega. Näiteks äädik- ja propioonhappe suhe ei tohiks olla liiga väike, kuna seda seostatakse söömuse vähenemisega. Optimaalseks äädika- ja propioonhappe suhteks peetakse lüpsilehmadel 3:1. Äädikhape on kiuseede lõpp-produktiks, mida kasutatakse peamiselt piimarasvasünteesis. Kompenseerimaks ebapiisavast propioonhappe hulgast põhjustatud energiapuudujääki, kasutab loom oma kehavarusid ning seeläbi kaotab kehakonditsiooni (Moran, 2005). Sellest tulenevalt on piimalehmade söödaratsiooni koostamisel kindlad piirid, kuna loomalt saadava piimakoguse määrab ära udaras moodustuv laktoosi hulk. Laktoos toodetakse peamiselt verega udarasse transporditud glükoosist, mis aga omakorda on suurel määral seotud imendunud propioonhappe hulgast (von Lengerken, 2006).

Vatsasisepind on kaetud hattudega (joonis 5), mis on umbes 10-15 mm pikkused. Hattude põhiliseks ülesandeks on suurendada vatsa imendumispindala. Vatsa epiteeli kaudu imenduvad LRH-d, mis on tekkinud mikroorganismide abil läbiviidas käärimisprotsessis verre (Vanhatalo, 2010). Vatsahattude suurus ja pindala on olulisel määral seotud söödaratsiooni kore- ja jõusööda suhtega (joonis 6).





**Joonis 5.** Vatsa sisepind koos hattudega tervel loomal (vasakul) ning atsidoosis loomal (paremal) (Allikas: <http://ruminantdigestivesystem.com>)



**Joonis 6.** Vatsaepiteel koresöödarikka (vasakul) ja jõusöödarikka (paremal) söödaratsioon korral (Steele jt, 2009)

Struktuurseid süsivesikuid (tselluloos ja hemitselluloos) lõhustavad vatsabakterid toodavad suurtes kogustes äädikhapet, millel on oluline roll piimarasvasünteesil. Need bakterid on tundlikud vatsas olevate rasvade ning happesuse suhtes. Kui söödaratsioonis toorrasvasisaldus on liialt suur või kui vatsa keskkond muutub kiiresti happeliseks seeduvate süsivesikute söötmise tagajärjel, siis bakterite kasv aeglustub või need hävinevad. Vatsabakterite arvukuse vähenemine vatsas võib sööda seeduvuse vähenemisele kaasa tuua ka söömuse vähenemise (Moran, 2005).

Tärglist lõhustavad bakterid erinevad tselluloosi lõhustavatest bakteritest, kuna nende tegevust ei mõjuta vatsa happelisus. Tärglist on vatsas kiirestilõhustuv ning bakterite poolt toodetud piim- ja propioonhape toovad endaga kaasa vatsa happesuse kasvu (Moran, 2005).

Propioonhape on tähtsuse ning suhkrute seede lõpp-produktiks. Enamiku elutegevuseks, kasvamiseks ning laktoosi tootmiseks vajaminev energia saab loom propioonhapest. Söödad, mis sisaldavad rohkesti kiiresti fermenteeruvaid süsivesikuid, nagu teraviljad, soodustab selliste bakterite populatsiooni kasvu, kes toodavad propioon- ja võihapet rohkem kui äädikhapet. Propioonhapet peetakse efektiivseks energiaallikaks, kuna propioonhappe tootmise käigus tekib vähem metaani ja süsihappegaasi kui teiste LRH-de fermentatsioonil. Vähese propioonhappe tekke puhul vatsas (kiudainerikka söödaratsiooni korral), väheneb piimalaktoosi süntees ning väheneb ka piimatoodang (Moran, 2005).

Vatsas käärimisel tekkiv võihape metaboliseeritakse maksas ketokehadeks, mida kasutakse energiaallikana rasvhapete sünteesis, skeletilihastes ning teistes kehakudedes. Ketokehasid toodab loom ka enda keharasvade mobiliseerimisel (Moran, 2005).

### **1.3.1. Vatsa pH ja seda mõjutavad tegurid**

Vedeliku pH on negatiivne logaritmi lahuse vesinikioonide kontsentratsioonist (Lewis, 2006). Normaalseks vatsa pH-ks peetakse kui see püsiv vahemikus 6,2-7,2. Selline vatsa pH varieerumine esineb ka tervel loomal (Radostits, 2006). Vatsa pH langemine alla 6,0 põhjustab kiuduseedivate bakterite arvukuse vähemise. Seetõttu väheneb tselluloosi seede ja tselluloosist äädikhappe produtseerimine. Vatsa pH langemisel alla 5,5, surevad mitmed vatsa mikrofloorasse kuuluvad bakterid. Eelnevale lisaks võib suur happetegur vatsas põhjustada vatsaseina haavandeid, mille kaudu vatsabakterid imenduvad vereringesse põhjustades maksaabstsesse (Smith, 2002). Vatsa pH tõus seevastu soodustab tsellulolüütiliste mikroobide tegevust (Russel, 2009) ja seeläbi tekib vatsas ka rohkem äädik- ja võihapet. Nimetatud happed omavad olulist rolli piimarasva sünteesis.

Kui veistele söödetakse rohke jõusööda kogusega ratsiooni, siis moodustub vatsas lühikese aja jooksul suur kogus hapet, kuna jõusöödad ja selle koostises olevad komponendid on kergesti seeduvad. Vähese mäletsemise tõttu tekib loomal vähem sülge, mis oleks võimeline ära hoidma pH suure languse (von Lengerken, 2006). Vatsa puhverdusvõime tagab aga rikkalikus koguses sülje tootmine, mis sisaldab endas naatriumi- ja kaaliumisoolasid, mis võimaldab hoida vatsa pH-d vahemikus 6-7 (Theodorou, 2005). Täiskasvanud lehm suudab ööpäevas toota üle 50 liitri sülge. Sülge eritub lakkamatult, kuid eritumise kiirus suureneb söömise, mäletsemise ning koresööda olemasolul vatsas.

Sülge tagab vedeliku, mis on vajalik sööda alla neelamiseks ning samuti ka mäletsemiseks (Smith, 2002).

Söötmisvõtetega saame mõjutada vatsa pH-d, minimeerimaks ainevahetushaiguste esinemist. Mittestruktuursete süsivesikute nagu tärklis ja suhkrud, fermentatsioon vatsas põhjustab suurtes kogustes lühikeseahelaliste lenduvate rasvhapete ja piimhappe tekke, mis vatsa kogunedes põhjustada võib selle pH languse (Keunen, 2003).

#### **1.4. Subkliiniline vatsa atsidoos**

Subkliiniline vatsa atsidoos (SARA) on olulisemaid ainevahetushäireid, mis mõjutab negatiivselt nii piimaveiste vatsa funktsioneerimist, looma heaolu ja produktiivsust kui ka piimatootmise kasumlikkust (Krause, 2005). SARA tekkimist iseloomustab suure energiasisaldusega söödaratsioon, olukorras kus vatsa keskkond ei ole veel kohastunud fermenteerima ja kasutama piisavas koguses lühikeseahelaga rasvhappeid, hoidmaks vatsa pH-d füsioloogistes piirides (Kleen, 2003). Varasemalt on leitud, et kiiresti lõhustuvate süsivesikute ja/või vähese füüsiliselt efektiivse kiuga ratsioonid põhjustavad lehmadele varajases laktatsioonistaadiumis SARA-t (National Research Council, 2001). SARA-t iseloomustab madalam vatsa pH, mis on peamiselt põhjustatud mittestruktuursete süsivesikute suurest osakaalust söödaratsioonist. Selle tulemuseks on liigne lenduvate rasvhapete ning piimhappe tootmine vatsas (Duffield, 2004). Vatsa atsidoosi puhul tuleks selle subkliinist vormi pidada rohkem karja kui individuaalseks probleemiks (Enemark, 2008).

Subkliinilise vatsa atsidoosi üheks tunnuseks on looma vahelduv isu. Sageli tarbivad loomad vähem sööda vatsas oleva häirete ajal. Vatsa funktsioonide normaliseerumisel looma isu taastub. Atsidoosi põhjuseks võib pidada ka vähest sööda toorkiusisaldust või liialt suurt väikeste (kore)söödaosiste osakaalu söödaratsioonis. Haigestunud loomal väheneb mäletsemine, mille tulemusel väheneb sülje tekke. Veise sülje pH on vahemikus 8,2-8,5. Kui sülge piisavalt ei teki, muutub vatsa pH happelisemaks (Smith, 2002).

Ainevahetushaigusi esineb lehmadel enamasti kinnisperioodil ja poegimisjärgsel perioodil. Üleminekuperioodi jooksul, st 3 nädalat enne ja 3 pärast poegimist, muutub lehma söödaratsioon suure kiusisalduse ja vähese jõusööda sisaldusega ratsioonist suhteliselt

vähese kiusisalduse ja suurenenud jõusööda sisaldusega ratsiooniks. Loomad, kes ei kohane piisavalt kiiresti suure jõusööda sisaldusega ratsiooniga, on vastuvõtlikumad SARA suhtes. Umbes 20%-l lüpsilehmadest on laktatsiooni algstaadiumist kuni laktatsiooni keskpaigni vatsa pH pikaajaliselt madalam kui 5,5, mis viitab subkliinilisele vatsa atsidoosile. Arvutuslikult kulub ühe lehma SARA-ga seotud ravile ligikaudu üks euro päevas (Radostits, 2006).

Terve loom produtseerib vaid eluks vajaliku koguse piimhapet. Kui piimhappe ainevahetus on häiritud, on sageli tagajärjeks subkliinilise atsidoosi. Suurtes kogustes suhkrute ja tärklise söötmine soodustab piimhapet tootvate bakterite tegevust, tuues kaasa liigse piimhappe koguse tekke vatsas. Piimhappe imendub läbi vatsaseina palju aeglasemalt kui teised LRH-d, sest kuigi piimhappe pH on peaaegu naturaalse pH-ga (7,4), on sellel siiski kõrge ioonisaldus, mis pärsib selle imendumist. Vatsa pH langedes muutub vats staatiliseks, mis samuti mõjutab imendumist (Smith, 2002).

Lisaks subkliinilisele vormile esineb lehmadel kliinilist vatsa atsidoosi. Subkliinilise ning kliinilise vatsa atsidoosi vahe seisneb selles, et viimane on loomale enamasti fataalne. SARA puhul aga väljendub kahju eelkõige majanduslikult. Kliinilise vatsa atsidoosi korral looma isu väheneb (osadel juhtudel loom ei söö), piimatoodang drastiliselt langeb, loom ei joo piisavas koguses vett (dehüdrateeritud), kiireneb nii südametöö (90-120 lööki minutis) kui hingamissagedus (50-80 hingetõmmet minutis). Tavaliselt on välisteks nähtudeks loomal staatilisus, külm nahapind, normaalsest madalam kehatemperatuur, kõhulahtisus ning „märg“ vats. Haigestunud loomad on nõrgad ning eelistavad enamasti lamada (Divers, 2008).

## **1.5. Keha- ja vatsa temperatuur**

Lehma kehatemperatuuri mõõdetakse üldjuhul rektaalselt. Rektaalselt mõõdetud kehatemperatuur on põhiliseks haiguse esinemise indikaatoriks. Samas on antud protseduur aja- ja tömahukas, kuna loom tuleb mõõtmise ajaks fikseerida kohas, kus on võimalik rahulikult kehatemperatuuri mõõta (ohtu nii loomale kui mõõtjale). Sellest tulenevalt on hakatud otsima alternatiivseid meetodeid looma kehatemperatuuri mõõtmiseks, kuna see on tugevas seoses haiguste esinemisega (Rose-Dye, 2011).

Varasemates uuringutes on leitud, et kaugloetava vatsa pH sensoriga määratud vatsa temperatuur on võrreldav rektaalse temperatuuriga. Teadusuuringutes on otsitud seoseid rektaalse temperatuuri ja alternatiivsete mõõtmisseadmete abil mõõdetud vatsa temperatuuri vahel (Hahn, 1990), sealhulgas vaadeldes erinevusi vatsa eesosa ja võrkmiku temperatuuri mõõtmisel (Bewley, 2008a). Hicksi (2001) katsest selgus, et fistuleeritud veise vatsa paigutatud sensorite abil mõõdetud keskmise temperatuuri oli sarnane rektaalselt mõõdetud (38,7 °C) temperatuuriga. Samu tulemusi saadi ka kontrollina kasutatud vasikatega – keskmine temperatuur (38,9 °C) (Rose-Dye, 2011).

Eelpool toodu põhjal võime väita, et vatsa temperatuuri näol on tegu täiendava näitajaga, avastamaks veisel võimalikke terviseriske. Tavatootmises tuvastatakse haige loom üldjuhul väliste tunnuste alusel ning kinnitus saadakse rektaalse temperatuuri mõõtmisega. Kaugloetavate sensorite eelis käsitsi mõõtmise ees on aga mõõtmisviisi lihtsus. Sensorite kasutamine loob võimaluse tuvastada haigusi enne kliiniliste nähtude esinemist. Varane haiguse avastamine vähendab tõsiste haigestumiste riski ja nende kaasnevate negatiivsete mõjude ulatust. Seega aitab haiguse õigeaegne avastamine vältida selle negatiivset mõju looma produktiivsusele ja samuti tagab looma parema heaolu (Rose-Dye, 2011).

## **2. OMAD UURINGUD**

### **2.1.Uurimistöö metoodika**

#### **2.1.1. Farmi iseloomustus**

Katse teostati Pae Farmer OÜ veisefarmis, mis asub Inglise külas, Kehtna vallas, Raplamaal. Ettevõtte asutati 2003. aastal ning põhiliseks tegevusalaks on veise- ja taimekasvatus. Veisefarmis oli katseperioodil kokku 1193 lüpsi- ja 188 kinnislehma. Laudas on kasutusel paralleellüpsisüsteem (DeLaval) ning lehmi lüpstakse kaks korda päevas (5:00 ja 17:00) ja ühele lüpsile kuluv aeg oli keskmiselt 6 tundi. Lehmi söödeti üks kord päevas. Katse pikkuseks oli kaks kuud ning proove koguti 2017. aasta jaanuaris ja veebruaris.

#### **2.1.2. Katses osalenud loomad**

Katses osales 12 primi- ja multipaarset eesti holsteini tõugu lehma. Kahele katses osalenud lehmale (Loom1 ja Loom2) paigaldati vatsa kaugloetav sensor (SmaXtec animal care, Austria), mis edastas andmeid vatsa pH ja temperatuuri kohta. Ülejäänud kümme lehma (katsegrupp) valiti katsesse arvestades loomade söötmisgruppi ja laktatsioonijärku. Loomade kehamass mõõdeti veiste mõõdulindiga (Gewichtsmaßband, Saksamaa) ning toitumushinne määrati viie palli skaalal (Edmonson, 1989). Loom1 oli esmaspoeginud ja katse alguses 97. laktatsioonipäeval. Loom1 keskmine piimatoodang oli katse alguses 30,1 kg, kehamass 688 kg ja toitumishinne 3,5. Loom2 oli kolmanda laktatsiooni loom, kes oli katse alguses 102. laktatsioonipäeval. Katse alguses olid vastavad näitajad 41,3 kg, 698 kg ja 2,25. Katsegrupi lehmade keskmine laktatsioonipäevade arv katse alguses oli  $73,8 \pm 16,7$  päeva, keskmine piimatoodang 36,5 kg, keskmine kehamass 703 kg ning toitumushinne 3,1.

**Tabel 2.** Katseloomi iseloomustavad näitajad katse alguses.

	Laktatsiooni päev	Laktat- sioon	Kehamass, kg	Piima- toodang, kg	Toitumus- hinne
Loom 1*	97	1	688	30,1	3,5
Loom 2*	102	3	698	41,3	2,25
Loom 3	115	2	738	48,5	2,25
Loom 4	60	1	525	32,8	3,0
Loom 5	86	2	738	39,0	2,75
Loom 6	70	1	598	29,5	3,25
Loom 7	62	2	668	31,6	3,75
Loom 8	64	1	850	44,4	3,5
Loom 9	61	2	758	36,0	3,0
Loom 10	79	1	698	41,0	3,5
Loom 11	74	1	588	25,7	2,5
Loom 12	67	2	872	36,1	3,5
Keskmine (n=10)	74	1,5	703	36,5	3,1

\* Sensoriga loomad

### 2.1.3. Vatsa sensor

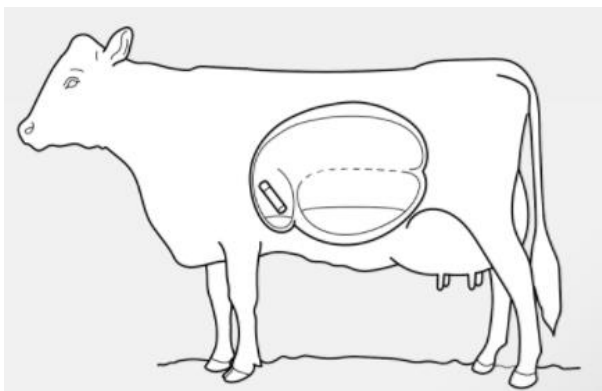
Vatsasensor (SmaXtec animal care, Austria; joonis 7) mõõdab looma vatsa pH-d ja temperatuuri 10 minutilise intervalliga. Tootja juhiste kohaselt toimetatakse kaugloetav sensor spetsiaalse abivahendiga (joonis 8) võrkmikku (joonis 9). Andmed edastatakse sensorist juhtmevabalt arvutisse, kus andmed esitatakse MS Excel failina (SmaXtec animal care technology®).



**Joonis 7.** SmaXteci vatsasensor (<http://support.smaxtec-animalcare.com>).



**Joonis 8.** Abivahend vatsasensori võrkmikku paigaldamiseks (<http://support.smaxtec-animalcare.com>).



**Joonis 9.** Vatsasensori asukoht vastavalt tootja soovitudele (<http://support.smaxtec-animalcare.com>).

Sensori mõõdud on 132 × 35 mm (joonis 7). Sensor on valmistatud purunemiskindlast materjalist ning on vastupidav vatsavedelikule. Sensorid sisestati suukaudselt boolipüstoli (joonis 8) abil otse võrkmikku. Tootja väitel püsib sensor võrkmikus kogu kasutusperioodi (ligi kuus kuud), kui see on õigesti paigaldatud.



#### 2.1.4. Piimaproovide kogumine ja analüüs

Piimaproovid koguti katse alguses (04.01.2017) ja lõpus (02.02.2017) nii hommikusel kui õhtusel lüpsil. Proovid koguti 50 ml suurustesse katsutisse ja konserveeriti Bronopol®-ga. Kogutud proovid segati hoolikalt ning märgistati. Proove säilitati +4 °C juures kuni transportimiseni Eesti Maaülikooli piima kvaliteedi uurimise laborisse. Laboris segati nii hommikuse kui õhtuse lüpsi piimaproovid koondprooviks, proportsionaalselt vastavalt toodangule. Koondproov (umbes 40 ml) analüüsiti Eesti Põllumajandusloomade Jõudluskontrolli AS piimaanalüüside laboratooriumi, kus proovidest määrati rasva-, valgu-, laktoosi- ja karbamiidisisaldused kasutades automatiseeritud infrapuna-piimaanalüsaatorit (System 4000; Foss Electric, Hillerød, Taani).

Eesti Maaülikooli piima kvaliteedi uurimise laboris määrati osaproovidest piima rasvhappeline profiil. Piimarasva ekstraheerimiseks kasutati Folch (1957) meetodit, kuid kloroformi asemel kasutati diklorometaani. Lipiidide esterdamiseks kasutati Christie (1982) poolt välja töötatud meetodil põhinevat Chouinardi jt (1999) poolt kirjeldatud meetodit. Rasvhapete metüülestrid analüüsiti leek-ionisatsioon-detektoriga varustatud gaasikromatograafil Agilent 6890A GC. Kasutati kvarts-kapillaarkolonni vedelfaasiga CP-Sil 88 (100 m × 0,25 mm, vedelfaasi kihipaksususega 0,20 µm). Kandegaasina kasutati vesinikku. Aurustuskambri temperatuur oli 250 °C ja leek-ionisatsioon-detektori temperatuur 270 °C. Rasvhappe metüülestrate lahutamiseks kasutati temperatuuriprogrammi: 1 min 100 °C, siis kiirusega 13° C/min 180 °C-ni, hoiti 40 min, tõsteti 5 °C/min 225 °C-ni, hoiti 15 min. Kandegaasi rõhk oli konstantne - 20 psi. Sisse süstitava proovi suurus oli 1 µl ja kontsentratsioon 15 - 30 mg/ml, joajagamise suhe 60:1. Tulemused esitati individuaalsete rasvhapete sisaldusena g/100g kogu rasvhapete kohta. Kirjeldatud metoodikat kasutades määras piimarasva rasvhappelise koostise Veterinaarmeditsiini ja Loomakasvatuse Instituudi Söötmise osakonna keemik Sirje Kuusik. Piima rasvhappelise profiili alusel arvutati vatsa lenduvate rasvhapete (LRH) osakaalud. Lenduvate rasvhapete välja arvutamiseks kasutati Bhagwati (2012) poolt modelleeritud ruutvõrrandit .

### **2.1.5. Söödaproovide kogumine, analüüs ja sööda söelumine**

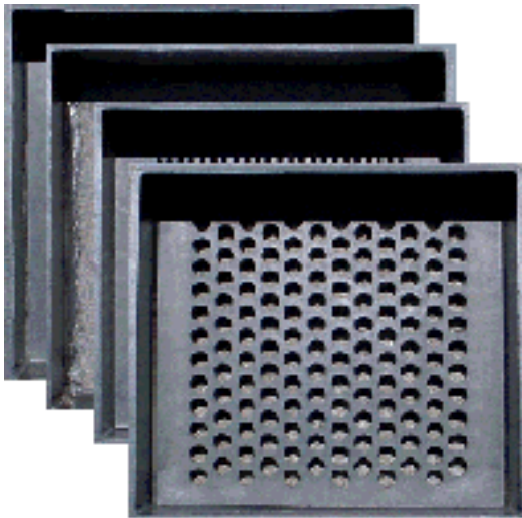
Katses osalenud loomi söödeti täisratsioonilise segasöödaga (TRSS) (tabel 3) üks kord päevas (ajavahemikus 11.00-12.00). Maisisilo, rohusilo ja konserveeritud teravilja kuivainesisaldused olid vastavalt 23, 40 ja 65% ning kogu söödaratsiooni kuivaine sisaldus oli 43%. Kore- ja jõusööda suhe oli 50:50. TRSS-i etteandmiseks kasutati iseliikuvat söödajagajat/mikserit (Faresin, Itaalia). Täisratsioonilise segasööda proovid koguti koheselt peale selle ette andmist ning kolme tunni pärast. Söelumiseks vajalik sööda kogus koguti koos TRSS-i proovide kogumisega. Keskmise proovi saamiseks võeti eelproovid söödalava eri kohtadest. Kogutud proovid segati korralikult läbi ja umbes 0,5 kg söödaproov asetati kilekotti, mis suleti õhukindlalt. Proove hoiustati +4 °C juures kuni analüüsimiseni. Kogutud söödaproovid analüüsiti Eesti Maaülikooli söötmisosakonna laboratooriumis üldtunnustatud meetodikate järgi (AOAC, 2005). Söötades määrati kuivaine-, toortuha-, proteiini-, toorkiu-, toorrasva-, kaltsiumi- ja fosforisisaldus. Täisratsioonilise segasööda kuivainesisaldus määrati eelkuivatatud (60 °C 24h) söödaproovi ja jõusööda kuivaine naturaalsööda kuivatamisel termostaadis 105 °C juures 6 tundi. Toortuhasisaldus leiti pärast proovi 6-tunnist põletamist muhvelahjus temperatuuril 500...550 °C. Kaltsium määrati tuhalahusest trilonomeetriliselt ja fosfor kolorimeetriliselt kollase kompleksühendi põhjal. Proteiinisaldus määrati analüsaatoriga Kjelttec Auto 1030 Kjeldahli meetodil ( $N \times 6,25$ ), toorkiusisaldus Fibretec süsteemiga ja toorrasvasisaldus Soxtec 1040 analüsaatoriga (AOAC, 2005). Saadud toitainete sisalduste alusel arvutati söötade metaboliseeruva energia ja metaboliseeruva proteiini sisaldus ning vatsa proteiinibilanss (Oll, 1997).

**Tabel 3.** Katses osalenud lehmadele söödetud täisratsioonilise segasööda koostis (päevane kogus ühele loomale)

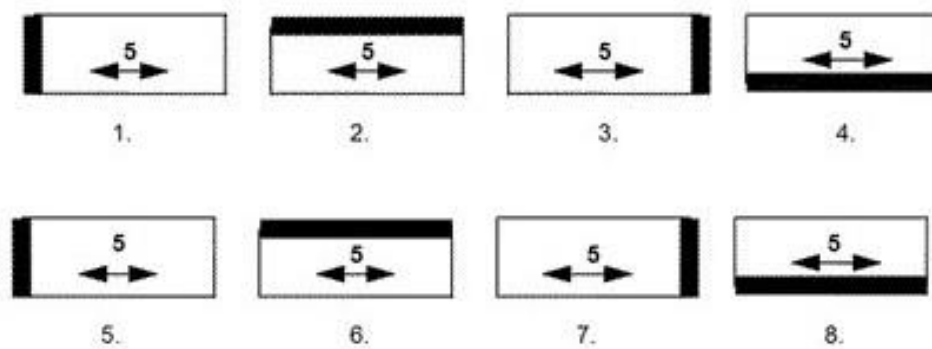
Komponent	Kogus, kg
Maisisilo	23,5
Rohusilo	11,2
Rapsikook	2,8
Söödauba	2,0
Konservvili	7,4
Odrajahu	2,8
Sool	0,2
Mineraal	0,3

Kogutud proovid sõeluti koresööda söödaosakeste separaatori (Penn State Particle Separator, Penn State University, USA; joonis 10) ehk söödasõelaga. Sõelumiseks asetati neli plastikust eralduskarpi üksteise peale, kõige peale asetati (ülemine) sõel avade läbimõõduga 1,9 cm, seejärel (keskmine) sõel avade läbimõõd 0,8 cm. Kõige väiksemate avadega (avade läbimõõd 0,4 cm; alumine) sõel asetati all olevate avadeta põhjakasti peale. Ülemisele sõelale asetati umbes 0,5 kg kogutud sööta. Sõela raputati viis korda sirgel pinnal, seejärel pöörati sõela veerand pööret. Protokolli kohaselt ei tohi vertikaalse liikumise juures sõela raputada (joonis 11). Protsessi korrati seitse korda, kokku kaheksa seeriat ja 40 raputust, pöörates sõela iga viie raputuse tagant. Raputamise sagedus ning tugevus pidi seejuures olema piisav selleks, et söödaosakesed libiseksid mööda sõela pinda ning sõelaavadest väiksemad osakesed langeksid alla. Pärast sõelumist kaaluti igas karbis olev materjal ning tulemused fikseeriti.

PennState nõuandekeskuse (Heinrichs, 2014) poolt on välja pakkunud soovituslikud kogused, mis peaks TRRS-i sõelumisel igale sõelale jääma. Ülemisele sõelale on soovituslikus ratsiooni söödaosakeste koguseks 2-8%. Avade suuruse poolest teisele ning kolmandale sõelale on soovituslikuks koguseks 30-50%. Keskmise ja alumise sõela peale jäävat materjali nimetatakse efektiivseks kiuks. Põhjakastile peaks soovitude kohaselt jääma >20% kogu sõelutavast materjalist.



**Joonis 10.** Koresööda söödaosakeste separaator (Allikas: <http://extension.psu.edu/animals/dairy/nutrition/forages/forage-quality-physical/separator>)



**Joonis 11.** Sööda osakesete suuruse eraldamiseks läbiviidava raputamise skeem

#### 2.1.6. Rooja sõelumine

Roojauproovid koguti katses osalenud loomadelt söötmise ja õhtuse lüpsi vahel. Sõelumise eesmärgiks oli hinnata söötmise mõju kiu seedeprotsessidele vatsas. Tegemist pole teadusliku meetodikaga, kuid on veisefarmides kasutusel kaudse meetodina mitmel pool maailmas (Kononoff, 2017). Sõelumiseks kasutati sõela (joonis 12), millel oli kolme erineva ava läbimõõduga sõela. Ülemisele sõelale asetatud roojat uhati veega senikaua läbi kui osakesed alla langesid. Sõelal olevat materjali uhati nii kaua vaikse veejoaga kuni alumisest sõelast tuli läbipaistvat vett. Seejärel uhuti jooksva vee all kõik sõelal olnud osakesed ühte nurk ning eemaldati kogunenud osakesed. Sõelast kokku kogutud materjal asetati valgele paberile ning seejärel uuriti pikakiulisi osakesi kui ka teravilja osakesi.



**Joonis 12.** Katses kasutatud roojasõel (Penn State University).

#### **2.1.7. Andmete statistiline analüüs**

Andmete analüüs viidi läbi programmiga MS Excel 2016. Kogutud proovide analüüsitulemustest arvutati Excelis välja aritmeetiline keskmine ning standardhälve. Standardhälve ning aritmeetiline keskmine arvutati selgitamaks, kas Loom1 ja Loom2 andmed kirjeldavad katsegrupi vastavaid näitajaid, oluliseks hinnati erinevus sensoriga varustatud looma ja katsegrupi vastava näitaja vahel siis, kui andmeväärtuse vahe oli suurem kui üks standardhälve.

### 3. TULEMUSED JA ARUTELU

#### 3.1. Täisratsioonilise segasööda keemiline koostis

Mõlemal kontroll-lüpsipäeval kogutud TRSS-i proovide tulemusest selgus (tabel 3), et söödaproovide keemilise koostis ja toiteväärtus on mõningased erinevused nii päeva kui kuu lõikes. Suurim erinevus jaanuaris kogutud proovides oli segasööda kuivaine sisalduses ning vatsa proteiini bilansis. Kui jaanuaris vähenes TRSS-i kuivaine sisaldus kolme tunni jooksul neli protsendipunkti, siis veebruaris täheldati kuivaine sisalduse suurenemist 7,8 protsendipunkti võrra. Kuivaine sisalduse vähenemise esimesel kuul võis põhjustada viga söödaproovi võtmisel.

**Tabel 3.** Kontroll-lüpsipäevadel kogutud TRSS-i proovide keemiline koostis ja toiteväärtus.

Näitajad	Jaanuar		Veebruar	
	Söötmise ajal	3 h pärast söötmist	Söötmise ajal	3 h pärast söötmist
Kuivaine, %	50,0	46,0	41,4	49,2
Kuivaines				
Toorproteiin, g	185	175	155	169
Toortuhk, g	68	71	68	60
Toorkiud, g	128	139	200	149
Toorrasv, g	39	37	36	37
N-ta e-a. <sup>1</sup> , g	580	578	541	585
Kaltsium, g/kg	10,3	11,4	11,5	9,4
Fosfor, g/kg	5,5	5,2	4,0	4,6
Metaboliseeruv energia, MJ/kg	11,4	11,3	11,2	11,3
Metaboliseeruv proteiin, g/kg	96	94	90	95
Vatsa proteiini bilanss, g/kg	22	15	4	10
Orgaanilise aine seeduvus, %	72	72	69	71

<sup>1</sup> lämmastikuvabad ekstraktiivained

Ühtlasi täheldati erinevusi söödaproovide keemilises koostises kuude lõikes. Kui jaanuaris võetud proovide keskmine toorproteiini sisaldusi 180 g, siis veebruaris oli vastav näitaja 162 g kg kuivaines. Ilmselt on üheks põhjuseks, et teisel perioodil oli maisisilo

söödaratsiooni lisatud rohkem kui algselt ettenähtud. Samuti oli TRSS-i keskmine toorkiusisaldus veebruaris veidi suurem kui kuu varem (175 g vs 134 g/kg kuivaines). Selle üheks võimalikuks põhjuseks võib olla asjaolu, et esimesel kuul sorteerisid lehmad ratsioonist esmalt jõusööda välja ning teisel kuul kiurikkad söödad. Erinevus söötade metaboliseeruva energia ja proteiini sisalduses olid marginaalsed, jäädes vastavalt vahemikku 11,2-11,4 MJ ja 90-96 g/kg kuivaines.

Varasemates uurimustes on leitud, et lehmade sööda sorteerimine on seotud koresööda koguse, kvaliteedi ning söödaosakeste pikkusega (Leonardi, 2003). Samuti on leitud, et sööda sorteerimist mõjutab ratsiooni koostis, söötmisviis ning pidamistingimused (Miller-Cushon, 2017). Kanadas lüpsilehmadega läbi viidud katses leiti, et heinavaba ratsioon, suurendab lühikese ning keskmise pikkusega ratsiooniosakeste sorteerimist ja ühtlasi soodustab kuivaine söömust (Miller-Cushon, 2010).

Sorteerimisest mõjutab ka koresööda osakaal ratsioonis. Söötes laktatsiooni alguses olevale lehmale madala koresööda sisaldusega ratsiooni (45%) ning laktatsiooni keskjärgus lehmale suure koresööda sisaldusega ratsiooni (60%), tarbisid mõlemad loomad peamiselt keskmise pikkusega (8 mm) segasööda osakesi. Sorteerimine viitab ka võimalikule atsidoosi riskile, kuna sööda sorteerimist täheldati enam lehmadel, kelle vatsa pH miinimum oli suurem kui teistel lehmadel (DeVries, 2008).

Võime oletada, et farmis kasutatav söödamikser segab söödaratsiooni korralikult läbi ning pärast mitme tunni möödumist on söödalaval sarnase koostise ja ratsioonikomponentide suhtega segasööt. Siiski on täheldatav mõningane sööda sorteerimine ja valikuline söömine loomade poolt, millele viitab toorkiu sisalduse muutumine päeva jooksul. Samas tuleks tähelepanu pöörata asjaolule, et loomad on erinevad ja võivad sorteerida ning süüa erinevaid sööda komponente, mistõttu ratsiooni koostis näiliselt ei muutu.

### **3.2. Täisratsioonilise segasööda füüsikaline koostis**

Lisaks TRSS-i proovide kogumisele laboratoorseteks uuringuteks viidi läbi söödaproovide sõelumine vastavate sõeladega. Tulemustest (tabel 4) selgus, et kui katse alguses (jaanuaris) ülemisele sõelale (kõige suuremad söödaosakesed) jäänud kogus suurenes kolm tundi pärast sööda etteandmist, siis katse lõpus (veebruaris) kogus vähenes. Selle

põhjuseks võis olla suurem sööda sorteerimine loomade poolt, jaanuaris sorteeriti välja jõusööt, veebruaris aga kiud. Üheks põhjuseks võis olla ka eksimused ratsiooni komponentide lisamisel ja segamisel söödamikserisse. Võttes aluseks PennState nõuandekeskuse (Heinrichs, 2014) poolt pakutud soovitusliku söödaosakeste kogust ülemisel sõelal (2-8%), oli antud katse puhul ratsioonis liigselt suure fraktsioonilist sööta (nagu maisisilo osakesed). Kui katse alguses keskmisel sõelal olev osakesete kogus vähenes kolm tundi pärast sööda etteandmist, siis katse lõpus toimunud sõelumisel oli muutus vastupidine. Kuna keskmise ja alumisele sõelale jäävaid söödaosasid loetakse efektiivseks kiuks, siis peaks soovitude kohaselt antud sõeladele jääma umbes 60-70% kogu sõelutavast materjalist. Sealjuures soovituslikuks koguseks nii keskmisel kui alumisel sõelal on 30-50% (Heinrichs, 2014). Katse tulemusest selgus, et jaanuaris läbi viidud sõelumiste järel mahtus sööt ette antud piiridesse. Samas järgmisel kuul oli keskmisel sõelal vähem sööta kui soovitatud. Söödakogused alumisel sõelal vähenesid kolme tunni pärast sööda etteandmist mõlemal kuul. Katse käigus sõelutud segasööda proovid mahuvad nii katse alguses kui ka lõpus soovitatud piiridesse. Viimasele tasandile ehk sõela põhjakastile jäid sööda väiksemaid osakesed (teraviljajahu osised). Soovituslikuks koguseks viimasel sõelal on >20% ning sellesse vahemikku mahtusid antud katses läbiviidud sõelumiste tulemused.

Caccamo jt. (2014) uurimuses vaadeldi sõelumiste käigus saadud tulemuste seost piimatoodangu, piimarasva- ning piimavalgusisalduste muutustega. Autorid leidsid, et söödaosakeste suurusel on nõrk seos piima- ja piimarasvakoguse muutustega. Lisaks leiti, et piimavalgu kogus (g) suurenes kui ülemisel sõelal oli 10,4-17,4% kogu sõelutud söödamaterjalist. Käsitletud töös oli ülemisel sõelal suurem kogus söödaosiseid kui soovituslik, kuid samas tõdes Caccamo jt. (2014), et optimaalsete koguste vaatlemisel tuleks arvestada piirkondlike erinevustega, näiteks kliimaga, samuti tuleks arvesse võtta ka söödaliik ja selle kvaliteet.



**Tabel 4.** Täisratsioonilise segasööda proovide sõelumise tulemused.

Näitajad	Jaanuar				Veebruar			
	Kohe pärast etteandmist		3 h pärast etteandmist		Kohe pärast etteandmist		3 h pärast etteandmist	
	kogus, g	osakaal, %	kogus, g	osakaal, %	kogus, g	osakaal, %	kogus, g	osakaal, %
Ülemine sõel	112	19,7	125	26,2	183	35,9	153	32,8
Keskmine sõel	204	35,9	159	33,3	103	20,2	132	28,3
Alumine sõel	236	41,5	177	37	208	40,8	169	36,3
Põhjakast	17	2,9	17	3,5	16	3,1	12	2,6

### 3.3. Piima koostis

Oluline erinevus leiti piima rasvasisaldustes sensoritega loomade ning katsegrupi vahel. Sensoritega varustatud loomadel oli mõlemal kontroll-lüpsil suurem piimarasvasisaldus võrreldes katsegrupi loomade keskmisega. Teisel kontroll-lüpsil oli Loom1 piima rasvasisaldus 7,0%, mis erines märgatavalt sama looma piima rasvasisaldusest varasemal kontroll-lüpsil. Üks võimalikke põhjuseid on viga piimaproovi võtmisel või koondproovi segamisel. Samas ei mõjuta viga proovi rasvasisalduse leidmisel piima rasvhappeliste koostiste ega mõjuta käesoleva töö edasist andmeanalüüsi. Rasv on kõige muutlikum piima koostisosa (Wiking, 2005). Rasval oli katsegrupi piima jõudlusnäitajatest ka kõige suurem standardhälve. Esimesel kontroll-lüpsil oli standardhälve 0,64 ning teisel 0,68, millest järeldub, et mõlemal korral oli katsegrupi lehmade piimades rasvasisalduses suur varieeruvus. Esimesel kontroll-lüpsil ei kirjeldanud Loom2 piima rasvasisaldus katsegrupi keskmist rasvasisaldust, kuid samas tuleb arvestada ka katsegrupi sisese antud näitaja suure variatsiooniga. Samuti esines erinevus piima valgusisaldustes katseloomade keskmiste ja sensoritega loomade näitajate vahel (tabel 5 ja 6). Esimese kontroll-lüpsi tulemuste põhjal leiti, et Loom1 piima valgusisaldus kirjeldas katsegrupi keskmist, kuid Loom2 oma mitte. Teise kontroll-lüpsi tulemustes täheldati aga vastupidine seoses, Loom2 kirjeldas katsegrupi keskmist, aga Loom1 mitte. Sarnane seos leiti ka piima laktoosi-, karbamiidisisaldustes. Piima laktoosisisaldus on otseselt seotud piimatoodanguga (Moran, 2005). Sellest tulenevalt on laktoosisisaldusel ka väiksem varieeruvus, mida kinnitab ka esimesel ( $sd=0,15$ ) ja teisel ( $sd=0,14$ ) kontroll-lüpsil leitud standardhälve.

**Tabel 5.** Katselehmade piimatoodang ja koostis esimesel kontroll-lüpsil (04.01.2017)

Näitajad	Katseloomad (n=10)		Loom 1	Loom 2
	Keskmine	Standardhälve		
Piimatoodang, kg	36,5	7,0	30,1	41,3
Rasv, %	3,90	0,64	4,43	4,64
Valk, %	3,35	0,28	3,89	3,16
Laktoos, %	4,98	0,15	4,87	4,70
Karbamiid, mg/l	270	22	326	282
SRA <sup>1</sup>	835	2107	261	1137

<sup>1</sup> Somaatiliste rakkude arv**Tabel 6.** Katselehmade piimatoodang ja koostis teisel kontroll-lüpsil (02.02.2017)

Näitajad	Katseloomad (n=10)		Loom 1	Loom 2
	Keskmine	Standardhälve		
Piimatoodang, kg	33,7	5,1	30,5	31,0
Rasv, %	3,85	0,68	7,04	4,02
Valk, %	3,35	0,30	3,52	2,99
Laktoos, %	4,94	0,14	4,50	4,75
Karbamiid, mg/l	285	30	298	346
SRA <sup>1</sup>	321	827	1077	1115

<sup>1</sup> Somaatiliste rakkude arv

Katsegrupi ja sensoriga varustatud loomad olid kõik sarnase laktatsioonijärgu ning numbriga. Erinevused loomade piimatoodangute vahel võib olla tingitud loomade erinevast söömusest. Lisaks tuleks erinevas laktatsioonijärgus ja laktatsiooni lehmade puhul arvestada nende geneetilist potentsiaali.

Eelneva põhjal võib väita, et antud katses kasutatud nõ kontroll-lehmade piima koostise põhjal ei saa kirjeldada katsegrupi loomade keskmiseid näitajaid. Kuna lehmade individuaalne varieeruvus oli suur, tuleks järgnevates tootmiskatsetes usutavate väärtuse saamiseks suurendada katsegruppi ja kasutada ka rohkem kui kahe looma sensori andmeid.

### 3.4. Vatsavedeliku lenduvate rasvhapete profiil

Piima rasvhappelise koostise alusel saab anda kaudse hinnangu vatsakeskkonnale. Piima rasvhappelise profiili alusel arvutatud LRH-de osakaalud (Bhagwat, 2012) osutasid, et Loom1-l oli mõlemas piimaproovis suurem äädikhappe osakaal kui katsegrupis keskmiselt

(Tabel 7 ja 8). Suur äädikhappe ja madal propioonhappe osakaal vatsas viitab suuremale toorkiusisaldusele söödaratsioonis (Wiking, 2005). Suur propioonhappe osakaal vatsas aga viitab, et ratsioonis on ülekaalus tärkliiserikkad söödad. Loom2 puhul jäi äädikhappe osakaal esimesel kontroll-lüpsil kogutud proovis katsegrupi keskmise väärtuse  $\pm$  ühe standardhälbe piiridesse, kuid teisel kontroll-lüpsil oli see oluliselt suurem kui grupi keskmine (Tabel 8). Propioonhappe puhul leiti Loom1-l mõlema kontroll-lüpsi proovides väiksem osakaal kui grupi keskmine. Loom2 vatsa propioonhappe osakaal oli teisel kuul katsegrupi keskmisest märgatavalt väiksem. Sellega kaasnes ka piimatoodangu langus võrreldes sama looma eelmise kontroll-lüpsiga, mis võib viidata ainevahetusprobleemidele ja sööda sorteerimisele. Seymouri (2005) leidis positiivse korrelatsiooni piimatoodangu ning võihappe ( $r=0,69$ ) ja propioonhappe ( $r=0,49$ ) kontsentratsiooniga vatsas ning negatiivse korrelatsiooni äädikhappega ( $r=-0,18$ ). Äädikhappe ning propioonhappe optimaalseks suhteks peetakse 3:1. Loom1-l oli vastav näitaja jaanuaris 3,4:1 ja veebruaris 3,1:1, Loom2-l vastavalt 2,6:1 ja 3,3:1.

**Tabel 7.** Keskmised lenduvate rasvhapete osakaalud ja suhted vatsavedelikus esimesel kontroll-lüpsil (04.01.2017) katse- (n=10) ja sensoriga loomadel.

Näitajad	Katsegrupp (n=10)		Loom1	Loom2
	Keskmine	Standardhälve		
Äädikhape, mmol/mol	613,9	34,6	677,8	617,8
Propioonhape, mmol/mol	247,7	26,6	198,4	240,2
Võihape, mmol/mol	125,6	8,3	123,4	138,0
Äädik-/Propioonhape	2,52	0,43	3,42	2,57
Lipolüütine/glükolüütine	3,03	0,47	4,04	3,15

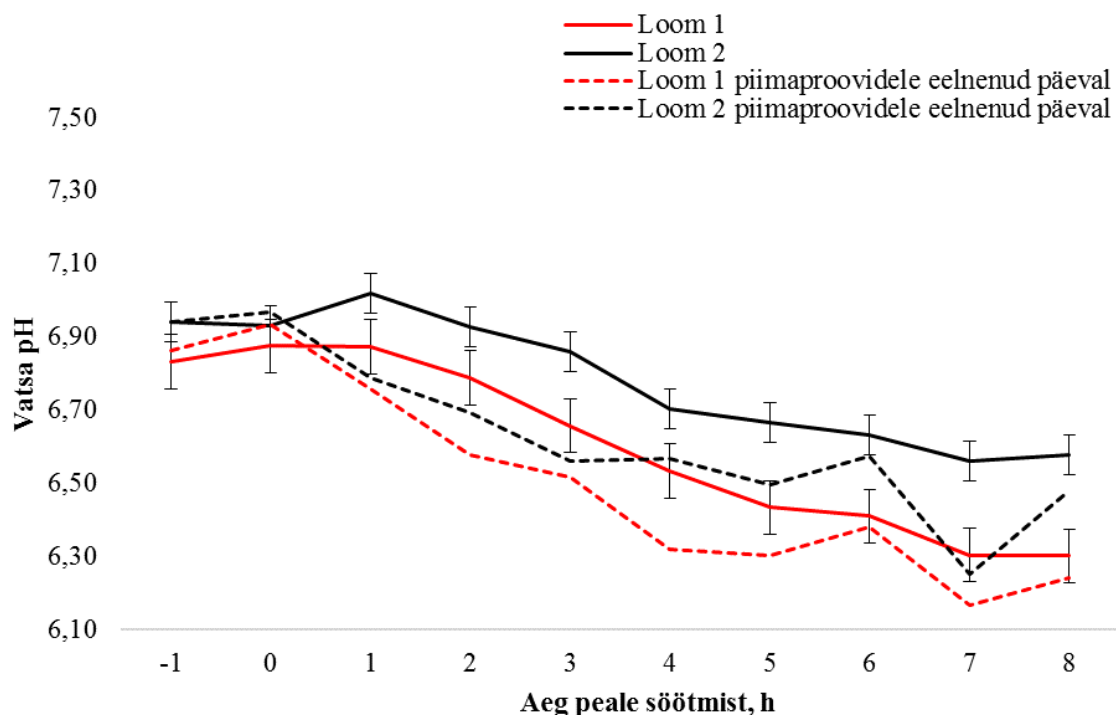
**Tabel 8.** Keskmised lenduvate rasvhapete osakaalud ja suhted vatsavedelikus teisel kontroll-lüpsil (02.02.2017) katse- (n=10) ja sensoriga loomadel.

Näitajad	Katsegrupp (n=10)		Loom 1	Loom 2
	Keskmine	Standardhälve		
Äädikhape, mmol/mol	603,7	35,4	659,6	671,6
Propioonhape, mmol/mol	254,4	22,3	212,9	201,0
Võihape, mmol/mol	131,1	8,6	127,5	127,8
Äädik-/Propioonhape	2,40	0,36	3,10	3,34
Lipolüütine/glükolüütine	2,92	0,39	3,70	3,98

Sarnaselt piima koostisele peegeldavad antud tulemused, et kahelt loomalt kogutud näitajad ei anna adekvaatset pilti kogu katsegrupi vatsa lenduvate rasvhapete profiilist, kuna loomadel individuaalne varieeruvus on liialt suur.

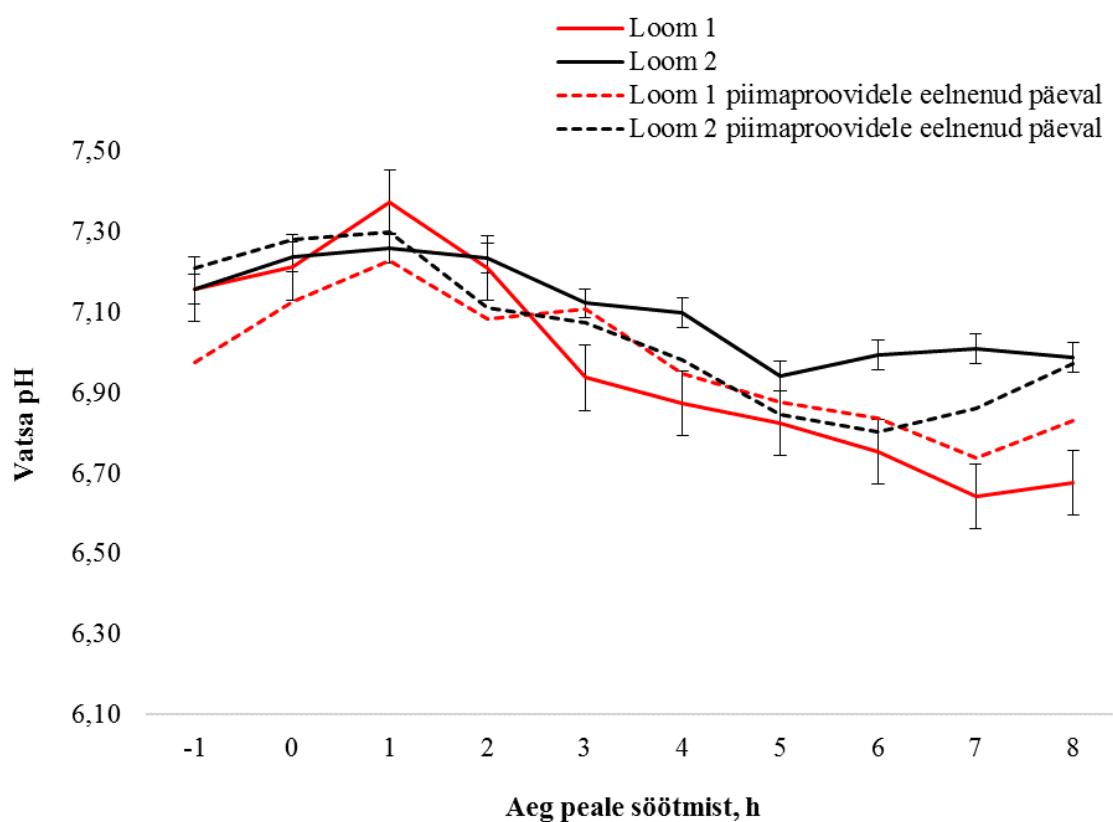
### 3.5. Vatsa pH ja temperatuuri muutused

Vatsa pH muutustest ülevaate saamiseks ning muutuste võimalike põhjenduste leidmiseks, on lähedasema vaatluse all just kontroll-lüpsi nädalad. Esimesele kontroll-lüpsile eelnenud nädalal, katseperioodi (monitooringuperioodi) teisel nädalal, oli mõlema sensoriga looma vatsa pH muutus analoogne (joonis 13), kuid Loom2 pH väärtus püsis kõrgem kui Loom1-l. Kui vaadelda muutusi vatsa pH-s piimaproovide kogumisele eelnenud päeval, siis on näha, et mõlema looma vatsa pH tõusis söötmise ajal, kuus tundi peale söötmist ning kaheksa tundi peale söötmist. Samas püsis Loom1 vatsa pH madalam kui Loom2-l ja ka langes pärast söötmist madalamale kui Loom2-e näitaja. Selle kõige tõenäolisemaks põhjuseks on loomade individuaalsus.



**Joonis 13.** Sensoriga loomade pH muutused esimesele kontroll-lüpsile eelnenud nädalal (nädal kaks; seitsme päeva keskmine väärtus vastaval ajahetkel) ning piimaproovide võtmisele eelnenud päeval.

Teisele kontroll-lüpsile eelnenud nädalal oli sensoriga varustatud loomade vatsa pH dünaamika varasemast erinev (joonis 14). Loomade võrdlemisel on kõikumised vatsa pH väärtuste vahel selgesti nähtavad. Vaadeldava nädala raames kõikus Loom1-e vatsa pH vahemikus 6,6-7,4 ning ületas ka Loom2 pH väärtust, mida ei juhtunud esimesele kontroll-lüpsile eelnenud nädalal. Loom2-e vatsa pH dünaamika on stabiilsem ning varieerus antud perioodil vahemikus 6,9-7,2. Piimaproovide võtmisele eelnenud päeval oli aga mõlema looma vatsa pH kõikumistes näha sarnast trendi. Kuigi Loom1-e vatsa pH oli enne sööda ette andmist madalam kui Loom2-l, siis pärast söömist oli see samas suurusjärgus kui Loom2-l. Sarnane oli ka vatsa pH langus kuue tunni jooksul peale söömist.

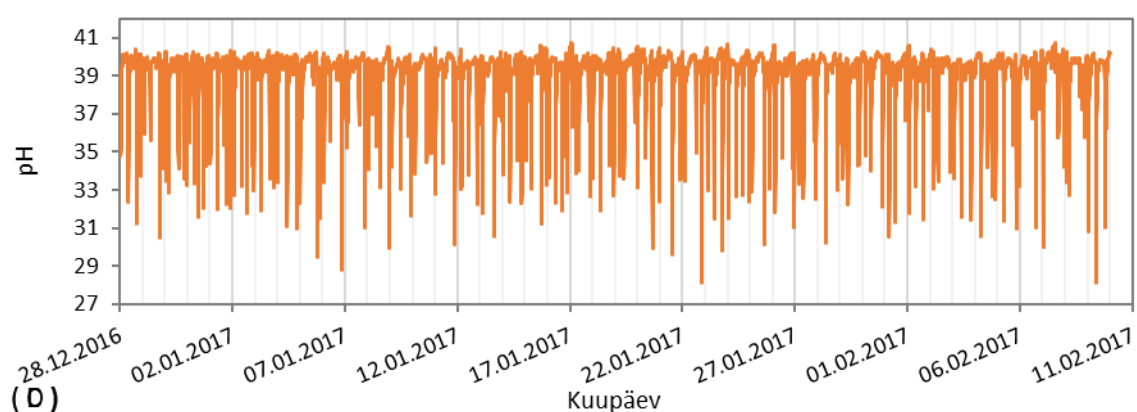
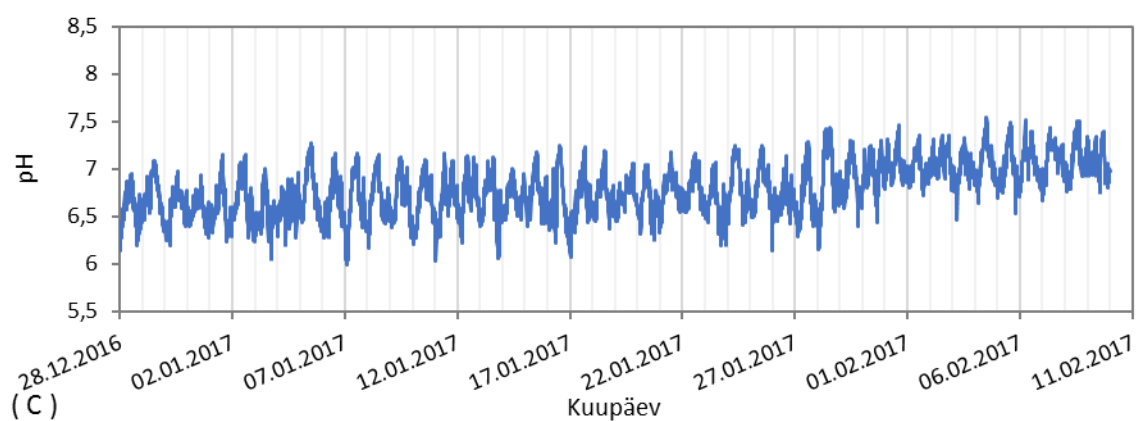
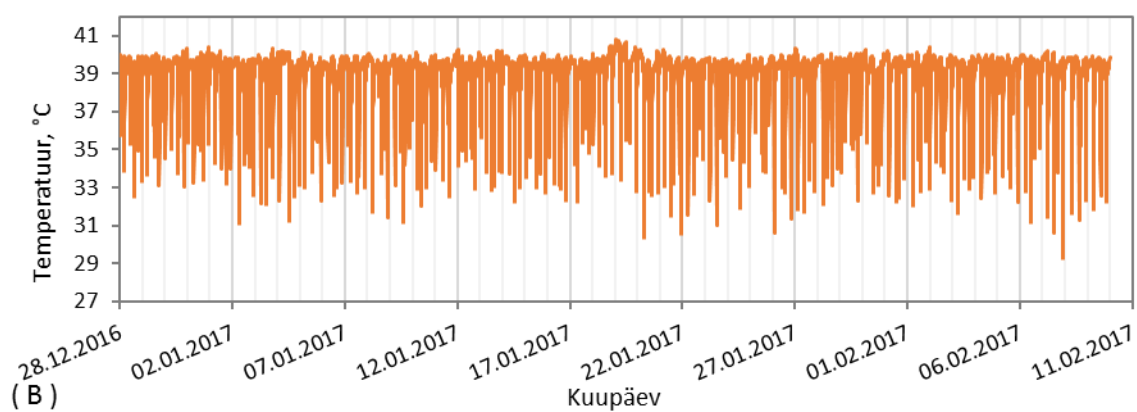
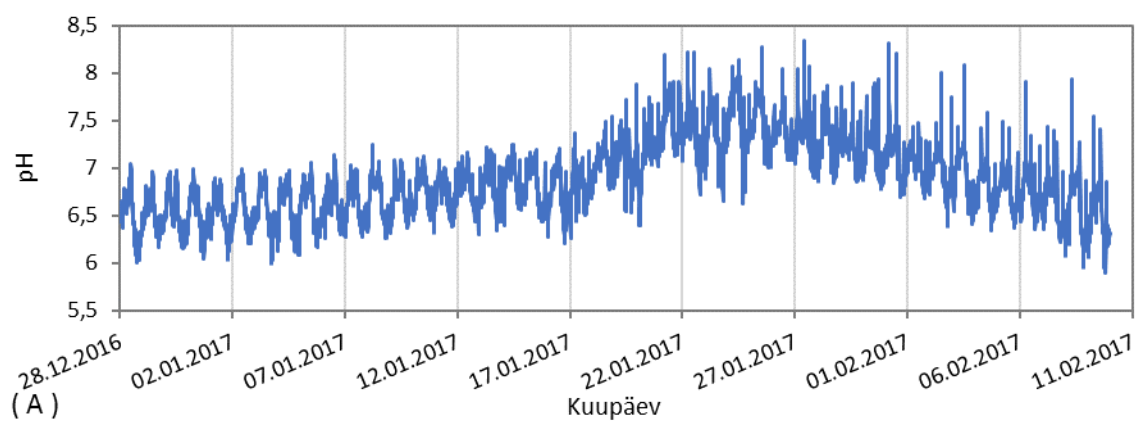


**Joonis 14.** Sensoriga loomade pH muutused teisel kontroll-lüpsil ning piimaproovidele eelnenud päeval (nädal kuus).

Sensoriga varustatud loomade kogu katseperioodi andmete võrdlemisel tulevad erinevused selgesti esile. Kui Looma2 vatsa pH (joonis 16c) püsis katse vältel vahemikus 6,0-7,5, siis Loom1 vatsa pH (joonis 16a) varieerus vahemikus 6,0-8,4. Mõlema looma puhul ei täheldatud vatsa pH püsivat langust alla 5,5, mis viitaks SARA esinemisele, millest võib järeldada, et lehmade söödaratsioon oli tasakaalustatud ja tagas vatsas optimaalse

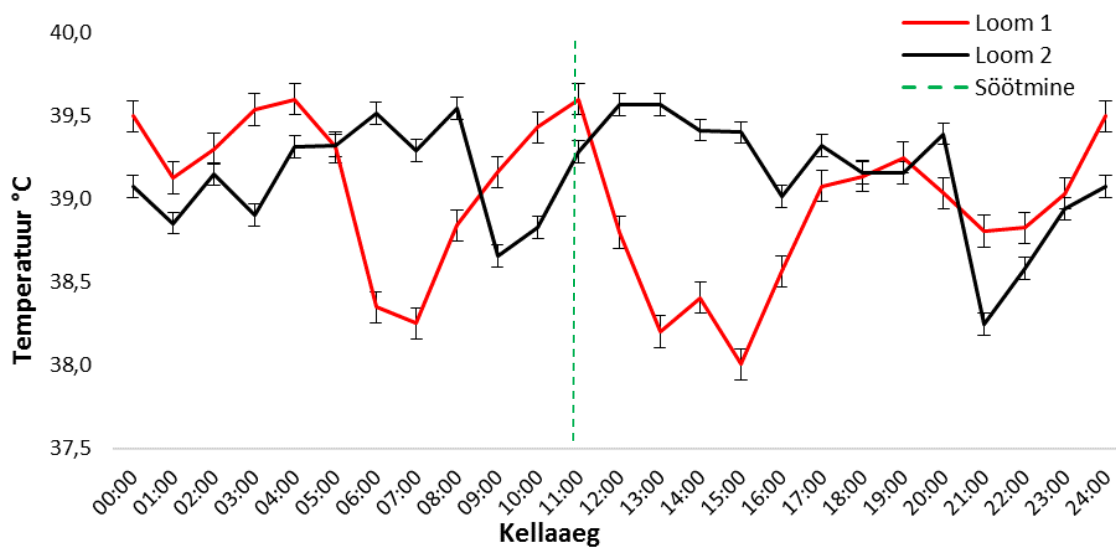
keskkonna. Samas saab taaskord kinnitust fakt, et lehmade individuaalsus on väga suur isegi kui pidamis- ja söötmistingimused on samad.

Loom1 puhul täheldati märkimisväärne muutus vatsa pH dünaamikas viiendal katsenädalal (joonis 6a) ja suurem pH kõikumiste amplituud jäi kestma katseperioodi lõpuni: kui katse alguses Loom1 vatsa pH varieerus vahemikus 6,0-7,0, siis katse keskel olid vastavad näitajad 6,2-8,2 ja katse lõpus 5,9-7,9. Lisaks vatsa pH muutusele kaasnes viiendal katsenädalal ka looma vatsatemperatuuri tõus, mis võib viidata looma haigestumisele. Samas antud lehma haigestumise kohta andmed puuduvad, kuid registreeritud näitajate alusel oleks tulnud loom loomaarsti poolt läbi vaadata ning vajadusel ravida.



**Joonis 16.** Vatsa pH (sinine) ja temperatuuri (oranž) muutused Loom1-l (A, B) ning Loom2-l (C, D).

Erinevust oli märgata ka loomade vatsa temperatuuris. Loom1 (joonis 16b) vatsa temperatuur kõikus vahemikus 28,1-40,7 °C, Loom2 (joonis 16d) temperatuur aga vahemikus 29,3-40,8 °C. Selge erinevus loomade vahel tuli välja madalaima temperatuuride võrdluses, mis Looma1-l oli 28,1 °C ja Looma2-l 29,3 °C. Viimane ilmselt viitab Loom2 suuremale vee tarbimisele joogikorra kohta. Bewley (2008b) leidis, et igapäevane vatsa temperatuuri mõõtmine sõltub suuresti looma poolt joodavast külma vee kogusest. Pärast vee joomist langeb vatsa temperatuur ning taas kehatemperatuurini jõudmiseks kulub umbes kolm ja pool tundi. Seega mida suurema koguse külma vett lehm tarbib, seda kauem võtab aega vatsa temperatuuri normaliseerumine (Bewley 2008b). Lehma vatsa temperatuuri kõikumine on otseselt seotud looma aktiivsusega ehk looma joomiskäitumisega. Tulemustest (joonis 17) selgus, et suure tõenäosusega käis Loom1 joomas kella 5:00, 11:00, 14:00 ning 19:00 ajal. Loom2 jäi aga sagedamini ja tarbis korraga väiksemaid kogusid. Suuremas koguses vee tarbimine oli Loom2-l tõenäoliselt kell 8:00 ja 20:00. Tulemustest võime järeldada, et lehmadel on erinevad joomiskäitumised. Üks loom joob harvemini aga korraga suurema koguse ning teine tarbib vett sagedamini ja väiksemates kogustes.



**Joonis 17.** Sensoriga loomade vatsavedeliku temperatuuri kõikumine katseperioodil (vastava kellaaja kõikide katsepäevade keskmine temperatuur)



### **3.6.Kiu seede hindamine rooja sõelumise meetodil**

Rooja sõelumise eesmärgiks oli hinnata kiuseedet vatsas. Rooja sõelumise tulemusena oli nii Loom1 kui Loom 2 proovis näha esimesel proovide võtmise päeval ülemisel sõelal palju terveid ning poolteraseid. Keskmisel sõelal oli esimesel proovide võtmise päeval mõlema looma proovis näha rohkesti poolteraseid, kuid teisel proovide võtmise päeval oli Loom1 proovis küll näha poolteraseid, aga vähem kui esimesel, kuid Loom2 proovis esines nii terveid kui poolteri ja ka kõrreosi. Alumisel sõelal oli esimesel päeval näha peamiselt peenkiudu, teisel lisandus peenkiule aga ka väiksemad poolikud terasid. Kuna ratsioonis oli konservvili, siis üheks põhjuseks, miks roojas oli palju terveid ning poolteraseid, võis olla konservvilja muljumisel terveks jäänud terad. Lisaks eelpool nimetatud teradele oli teiste loomade roojast näha ka viljakestasid, maisiteraseid ning rohkesti peenkiudu.

Sõelte jäädud roojas olnud kiu kogustele on meetodi välja töötajad andnud ka soovituslikud kogused ehk kui palju sõelatud materjalist võiks erinevate sõelte peale pärast sõelumist jääda. Ülemisele sõelale jäävaks soovituslikuks koguseks on pakutud <10%, keskmisele sõelale <20% ning alumisele sõelale >50% (Zaaijer jt s. a.). Loom1 ülemisele sõelale jäädud kogus esimesel proovipäeval oli umbes 15% ning teisel 20%. Loom2 roojast jäi ülemisele sõelale mõlemal sõelumisel umbes 10%. Kui aga vaadelda katsegrupi keskmist kogust, siis oli see umbes 15% ehk natukene rohkem kui ette antud soovituslik kogus. Teisele sõelale jäi Loom1 rooja esimesel sõelumisel 30%, kuid suur osakaal on tingitud sellest, et sõelal oli näha rohkesti poolteraseid, teisel proovi võtmise päeval oli tulemuseks aga umbes 10%. Loom2-e tulemus esimesel proovi võtmise päeval oli umbes 20% ning teisel 10%. Katsegrupi keskmine oli esimesel sõelumisel umbes 20% ning teisel proovipäeval 15%. Alumisele sõelale jäi Loom1-e esimesel rooja sõelumisel umbes 50% ning teisel 70%. Loom2 tulemused jäid mõlemal proovipäeval umbes 70% lähedusse. Katsegrupi keskmine alumisele sõelale jäädud kogus oli mõlemal sõelumisel umbes 65% .

Rooja sõelumise näol ei ole tegu teadusliku meetodiga, vaid praktilise võttega, mis annab loomakasvatajale ülevaate vatsas toimuvast söödaratsiooni kiu seeduvusest.

## 4. KOKKUVÕTE JA JÄRELDUSED

Vatsa paigaldatud kaugloetavad sensorid võimaldavad monitoorida söötmiskorraldust ja avastada võimalikku subkliinilise vatsa atsidoosi esinemise riski. Magistritöös uuriti vatsasensoritega varustatud lüpsilehmade vatsa keskkonna ja piima jõudlusnäitajate muutuste seost kogu söötmisgrupi loomade vastavate keskmiste näitajatega. Katse viidi läbi 12 lüpsilehmaga, kellest kahele oli paigaldatud kaugloetav vatsasensor. Farmist koguti söödaproovid, katses osalenud loomadelt koguti piimaproovid koostise analüüsimiseks ning hinnati sõelumise teel täisratsioonilise segasööda ja roojaproovide osakeste suurust. Vatsasensoriga varustatud ja katselehmade näitajate võrdlemiseks leiti katsegrupi lehmade aritmeetilised keskmised ning standardhälbed.

Läbi viidud katsele tuginedes saab teha järgmised järeldused.

- Vaatamata asjaolule, et kogu katse vältel oli söödaratsioon sama, esines kuude võrdluses täisratsioonilise segasööda sõelumise ja koostise tulemustes erinevusi
- Vatsasensoriga varustatud lehmadel vatsa pH ei langenud katse vältel alla 5,5, viidates subkliinilise vatsa atsidoosi riski puudumisele
- Vatsasensoriga varustatud lehmade lenduvate rasvhapete sisaldused ja piima koostis ei kirjeldanud katsegrupi loomade vastavaid tulemusi
- Kahe lehma vatsa pH ja temperatuuri muutused olid katse vältel erinevad
- Kahe nõ referentsina kasutatud lehma individuaalne varieeruvus oli uuritud näitajate lõikes liialt suur kirjeldamiseks sama söödaratsiooni saanud katsegrupi lehmade vatsakeskkonda ja piima koostist

Kuna käesoleva magistritöö näol on tegemist esmakordse uurimusega Eestis selgitamaks vatsasensorite kasutamist lüpsilehmade vatsakeskkonna monitoorimisel, tuleks edasistes uuringutes keskenduda suurema katseloomade kaasamisele katsesse. Suurem katseloomade arv annaks parema võimaluse selgitada ja kirjeldada üksikute loomade vatsakeskkonna ja piima koostise muutuste seoseid söötmisgrupi või kogu karja näitajatega. Tootmiskatsele

lisaks oleks huvitav läbi viia füsioloogiline katse vatsafistuliga lehmadega, selgitamaks erinevate vatsa pH mõõtmistehnikate ja -seadmete eripärasid ning täpsust.

## Summary

Ruminal-installed wireless sensors allow the monitoring of feeding management and detection of the potential risks for subacute ruminal acidosis. The current Master's thesis studied the changes in the rumen environment and the milk composition of cows with a rumen bolus, and relationships to the production values of a whole dairy cow feeding group. The feeding trial was conducted with 12 dairy cows, and two of them were equipped with a rumen bolus. Milk and TMR samples were collected for analysis of chemical composition. The samples of TMR and faeces collected were sieved to determine particle sizes. In order to compare the production values of the cows with a rumen bolus and the experimental group, arithmetical means and their standard deviations were computed.

Based on the results of the field trial, the following conclusions can be made:

- Despite the fact that the feed ration was similar during the whole experimental period there were some major differences in chemical composition of TMR after screening of particle sizes
- Ruminal pH of cows with a rumen bolus did not decline consistently below 5.5, indicating a low risk of subacute ruminal acidosis
- The changes in ruminal volatile fatty acids and the milk composition of cows with rumen bolus did not describe the corresponding production values of the cows in the experimental groups
- The dynamics of ruminal pH and temperature were different between cows with a rumen bolus
- The individual cow variability of two cows as reference animals does not allow the identification of changes in the rumen environment and the milk composition of animals in the herd

This thesis was first time in Estonia when dairy cows with a rumen bolus were involved in an experiment to monitor the rumen environment. However, more animals would be needed in further studies to make more solid conclusions. A larger number of cows would provide a better understanding of individual cow variability in order to describe relationships between changes in milk composition and the rumen environment. Moreover,

a physiological experiment with dairy cows is needed to describe the dynamics in rumen pH as measured with different techniques and equipment.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. **AOAC.** (2005). Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 18th edition – Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, MD, USA.
2. **Bhagwat A. M., De Baets B., Steen A., Vlaeminck B., Fievez V.** (2012). Prediction of ruminal volatile fatty acid proportions of lactating dairy cows based on milk odd- and branched-chain fatty acid profiles: new models, better predictions. *J. Dairy Sci.* 95:3926–3937.
3. **Bewley, J. M., Einstein M. E., Grott M. W., Schutz M. M.** (2008a). Comparison of reticular and rectal core body temperatures in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91:4661–4672.
4. **Bewley J. M., Grott M. W., Einstein M. E., Schutz M. M.** (2008b). Impact of Intake Water Temperatures on Reticular Temperatures of Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 91:3880–3887.
5. **Caccamo M., Ferguson J. D., Veerkamp R. F., Schadt I., Petriglieri, R., Azzaro G., Pozzebon A., Licitra G.** (2008). Association of total mixed ration particle fractions retained on the Penn State Particle Separator with milk, fat, and protein yield lactation curves at the cow level. *J. Dairy Sci.* 97:2502–2511.
6. **Castro-Costa, A., Salama, A. A. K., Moll, X., Aguiló, J., Caja, G.** (2015). Using Wireless Rumen Sensors for Evaluating the Effects of Diet and Ambient Temperature in Nonlactating Dairy Goats. *J. Dairy Sci.* 98:4646–4658.
7. **Christie, W. W.** (1982). A simple procedure for transmethylation of glycerolipids and cholesterol esters. *J. Lipid Res.* 23:1073–1075.
8. **Chouinard, P. Y., Corneau, L., Sæbø, A., Bauman, D. E.** (1999). Milk Yield and Composition During Abomasal Infusion of Conjugated Linoleic Acids in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 82:2737–2745.
9. **DeVries T. J., Dohme F., Beauchemin K. A.** (2008). Repeated Ruminant Acidosis Challenges in Lactating Dairy Cows at High and Low Risk for Developing Acidosis: Feed Sorting. *J. Dairy Sci.* 91:3958–3967.
10. **Divers, T. J., Fubini, S.** (2008). Noninfectious diseases of the gastrointestinal tract. In: Divers, T. J., Peek S. F. Rebhun's diseases of dairy cattle. Saunders Elsevier, pp 132–200.
11. **Duffield, T., Plaizier, J. C., Fairfield, A., Bagg, R., Vessie, G., Dick, P., McBride, B.** (2004). Comparison of techniques for measurement of rumen pH in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:59–66.
12. **Edmonson A. J., Lean I. J., Weaver L. D., Farver T., Webster G.** (1989) A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 72:68–78.

13. **Enemark, J. M. D.** (2008). The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): A review. *Vet. J.* 176:32–43.
14. **Folch J, Lees M, Sloane-Stanley G. H.** (1957). A rapid method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.* 226:497–509.
15. **Geishauser, T.** (1993). An Instrument for Collection and Transfer of Ruminal Fluid and for Administration of Water Soluble Drugs in Adult Cattle. *Bov Pract.* pp 38–42.
16. **Hahn, G. L., R. A. Eigenberg, J. A. Nienaber, and E. T. Littledike.** (1990). Measuring physiological responses of animals to environmental stressors using a microcomputer-based portable datalogger. *J. Anim. Sci.* 68:2658–2665.
17. **Heinrichs, J.** (2014). The Penn State Particle Separator. PennState Cooperative Extension, College of Agricultural Sciences. pp 1–8.
18. **Hicks, L. C., Hicks W. S., Bucklin R. A., Shearer J. K., Bray D. R., Soto P., Carvalho V.** (2001). Comparison of methods of measuring deep body temperatures of dairy cows. In: *Livestock Environment VI: Proc. 6th Int. Symp.* Stowell R. R., Bucklin R., Bottcher R. W., ed. Louisville, KY. Am. Soc. Agric. Biol. Eng., St. Joseph, MI. pp 432–438.
19. **Keunen, J. E., Plaizier, J. C., Kyriazakis, I., Duffield, T. F., Widowski, T. M., Lindinger, M. I., & McBride, B. W.** (2003). Short communication: Effects of subacute ruminal acidosis on free-choice intake of sodium bicarbonate in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:954–957.
20. **Kilic, U.** (2011). Wireless Rumen Sensors in Ruminant Nutrition Research. *Asian J. Anim. Sci.* 5:46–55.
21. **Kleen, J. L., Hooijer, G. A., Rehage, J., Noordhuizen, J. P. T. M.** (2003). Subacute ruminal acidosis (SARA): A review. *J. Vet. Med. A.* 50:406–414.
22. **Kononoff, P., Heinrichs, J.** (2017). Using Manure Evaluation to Enhance Dairy Cattle Nutrition. The Pennsylvania State University. pp 1–3.
23. **Krause, K. M., Oetzel, G. R.** (2005). Inducing subacute ruminal acidosis in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88:3633–3639.
24. **Leonardi C., Armentano L. E.** (2003). Effect of Quantity, Quality, and Length of Alfalfa Hay on Selective Consumption by Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 86:557–564.
25. **Lewis, M.J., Bamforth, C.W.** (2006) *Essays in Brewing Science.* Springer. pp 13.
26. **Lin, X.** (2009). Evaluation of Kahne rumen sensors in fistulated sheep and cattle under contrasting feeding conditions. MSc thesis, Massey University, New Zealand. pp 148.
27. **Lin, X., Pacheco, D., Kemp, P.D., Waghorn, G.C., Cosgrove, G.P.** (2010). Evaluation of sensors for monitoring rumen pH, temperature and pressure. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 70:71–76.
28. **Miller-Cushon E. K., DeVries T. J.** (2010). Feeding amount affects the sorting behavior of lactating dairy cows. *Canadian J. Anim. Sci.* pp 47–55.

29. **Miller-Cushon E. K., DeVries T. J.** (2017). Feed sorting in dairy cattle: Causes, consequences, and management. *J. Dairy Sci.* 100:4172–4183.
30. **Moran, J.** (2005). Tropical dairy farming: feeding management for small holder dairy farmers in the humid tropics. Landlinks Press. pp 42–170.
31. **Mottram T., Lowe J., McGowan M., Phillips N.** (2008). Technical note: A wireless telemetric method of monitoring clinical acidosis in dairy cows. *Comput Electron Agric.* 64:45–48.
32. **National Research Council.** (2001). Nutrient requirements of dairy cattle (Seventh Revised Edition). Washington, D.C.: National Academy Press.
33. **Neethirajan, S.** (2017). Recent advances in wearable sensors for animal health management. *Sens BioSens Res.* 12:15–29.
34. **Nocek, J. E., Allman, J. G., Kautz, W.P.** (2002). Evaluation of an Indwelling Ruminal Probe Methodology and Effect of Grain Level on Diurnal pH Variation in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 85:422–428.
35. **Oll, Ü., Tölp, S.** (1997). Söötade energiasalduse arvutamise juhend koos abitabelitega. EPMÜ Loomakasvatuseinstituut, Tartu, OÜ Tartumaa Trükikoda.
36. **Radostits, O. M., Gay, C. C., Blood, D. C., Hinchcliff, K. W.** (2006). Diseases of alimentary tract- II. In: Radostits O.M, Gay C.C., Blood D.C., Hinchcliff K.W. Veterinary medicine. A textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses. 9th Edition. W. B. Saunders Company Ltd. pp 315–323.
37. **Rose-Dye T. K., Burciaga-Robles L.O., Krehbiel C.R., Step D.L., Fulton R.W., Confer A.W., Richards C.J.** (2011). Rumen temperature change monitored with remote rumen temperature boluses after challenges with bovine viral diarrhea virus and Mannheimia haemolytica. *J. Animal Sci.* 89:1193–1200.
38. **Russell J. B., Muck, R. E., Weimer, P. J.** (2009). Quantitative analysis of cellulose degradation and growth of cellulolytic bacteria in the rumen. *FEMS Microbiol Ecol.* 67:183–197
39. **Seymour, W.M., Campbell D.R., Johnson Z.B.** (2005). Relationships between rumen volatile fatty acid concentrations and milk production in dairy cows: a literature study. *Anim. Feed Sci. Technol.* 119:155–169.
40. **Smith, M., George, L.** (2002). Ruminant alimentary diseases. In: Smith, B.P. Large animal internal medicine: diseases of horses, cattle, sheep, and goats, 3rd Edition. St Louis: Mosby Inc., pp 697–743.
41. **Steele, M. A., AlZahal, O., Hook, S. E., Croom, J., McBride, B. W.** (2009). Ruminal acidosis and the rapid onset of ruminal parakeratosis in a mature dairy cow: a case report. *Acta Vet. Scand.* pp 51–39.



42. **Stewart, S., Godden, S., Rapnicki, P., Fetrow, J.** (2002). Culling by days in milk in Minnesota DHIA Holstein Cows. Proceedings of Monsanto Dairy Science Symposium. St. Louis, MO, SA. pp 19–21.
43. **Zaaijer, D., Kremer, W. D. J., Noorhuizen, J. P. T.** (s. a.). Measuring Grain Particle Size and target.
44. **Theodorou M. K., France J.** (2005). Rumen Microorganisms and their Interactions. In: Dijkstra J., Forbes J. M., France J. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism, 2nd Edition. CABI. pp 207–212.
45. **Vanhatalo, A., Ellä, A., Jaakkola, S., Karlström, T., Karttunen, J., Kokkonen, T., Kyntäjä, J., Nokka, S., Nousiainen, J., Palva, R., Rinne, M., Sairanen, A.** (2013). Lypsilehma söötmä. Tartumaa, Ecoprint AS. lk 22–25.
46. **Vlaeminck B., Fievez V., Cabrita A. R. J., Fonseca A. J. M., Dewhurst R. J.** (2006). Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131:389–417.
47. **von Lengerken, G., Ellendorff, F., von Lengerken, J.** (2006). Landwirtschaftliches Lehrbuch. Laupp & Göbel GmbH. pp 175–243.
48. **Wiking L.** (2005). Milk Fat Globule Stability. Lipolysis with Special Reference to Automatic Milking Systems. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. pp 1–39.

#### Veebiallikad

<http://ruminantdigestivesystem.com> 21.05.2017

<http://extension.psu.edu/animals/dairy/nutrition/forages/forage-quality-physical/separator> 21.05.2017

<http://support.smaxtec-animalcare.com> 21.05.2017

<http://research.vet.upenn.edu/dairynutrition/CourseOverview/tabid/3711/Default.aspx>. 20.05.2017

**Courtesy Cornell.** <http://modernfarmer.com/2014/09/holey-cow-wonderful-world-fistulated-cow/>. 20.05.2017

## Lisad

Rasvhapped	Jaanuar				Veebruar			
	Katsegrupp (n=10)		Loom	Loom	Katsegrupp (n=10)		Loom	Loom
	Keskmine	Standardhälve	1	2	Keskmine	Standardhälve	1	2
iso14	0,06	0,01	0,10	0,07	0,06	0,01	0,08	0,08
C14:0	10,11	0,67	10,90	12,02	10,81	0,68	11,27	11,36
C15:0	1,62	0,15	1,48	1,76	1,63	0,23	1,47	1,12
C17:0	0,80	0,04	0,73	0,81	0,76	0,05	0,70	0,69
16:1c13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C17:1c9	0,28	0,04	0,21	0,20	0,26	0,05	0,20	0,17
C18:1t10	1,03	0,66	0,50	0,46	1,01	0,78	0,39	0,52
C18:1t11	1,09	0,18	0,71	0,72	0,92	0,78	0,50	0,83
CLA18:2c9t11	0,58	0,12	0,45	0,36	0,56	0,13	0,38	0,39
$\Sigma$ de novo4	24,92	2,06	27,81	29,48	25,45	2,10	28,02	2,09
Paaritud	2,82	0,26	2,63	2,92	2,79	0,32	2,50	2,09
C5,7,9	0,21	0,06	0,27	0,20	0,20	0,06	0,21	0,10

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks  
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Siim Siiman  
sünniaeg 04.05.1993,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö  
Kaugloetava vatsasensori kasutamise võimalused veiste söötmisgrupi vatsa keskkonna  
monitoorimisel.

mille juhendaja(d) on dotsent Marko Kass ning teadur Tiia Ariko,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega  
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_  
(allkiri)

Tartu, \_\_\_\_\_  
(kuupäev)

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_  
(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_  
(kuupäev)

\_\_\_\_\_  
(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_  
(kuupäev)